

السعر ٥ ريالات

مجلة علمية فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية • السنة الثالثة عشرة • العدد الخامس و الأربعون • محرم ١٤١٩هـ / مايو ١٩٩٨م.

الثروة المعدنية

(الجزء الأول)

- الخامات الرسوبية المعدنية
- التنقيب عن المعادن
- الثروة المعدنية بالمملكة

ISSN 1017 3056

بسم الله الرحمن الرحيم

منهاج النشر

أعزاءنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية واستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :-

١- يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لايفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .

٢- أن يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .

٣- في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال .

٤- أن لايقل المقال عن أربع صفحات ولايزيد عن سبع صفحات طباعة .

٥- إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .

٦- إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .

٧- المقالات التي لاتقبل النشر لاتعاد لكاتبها .

يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح مابين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

محتويات العدد


الثروة المعدنية


الرواسب المعدنية النارية والمتحولة


التعدين

المراسلات

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر

ص.ب ٦٠٨٦ ـ الرمز البريدي ١١٤٤٢ ـ الرياض

ترسل المقالات باسم رئيس التحرير ت : ٤٨٨٣٤٤٤ ـ ٤٨٨٣٥٥٥

journal of Science & Technology

King Abdulaziz City For Science & Technology

Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086

Riyadh 11442 Saudi Arabia

العلوم والتقنية





كلمة التحرير

قراءنا الأعزاء

بحلول العام الهجري الجديد تستقبل مجلة «العلوم والتقنية» عامها الثاني عشر من عمرها المديد بإذن الله تعالى، وبهذه المناسبة يسر هيئة التحرير والقائمين عليها أن يباركوا للقراء الأعزاء عامهم الجديد ويسألون المولى القدير أن يعيده عليهم وعلى الأمة الإسلامية باليمن والبركات.

قراءنا الأعزاء

أودع الباري في الصخور المكونة للقشرة الأرضية ـ الظاهرة منها والباطنة ـ ثروات هائلة لا تنضب، فمنذ أن هبط الإنسان على ظهر الأرض إلى وقتنا الحاضر وهو ينزف منها، ومع أن تركيزه في الماضي كان على عدد محدود من المعادن، مثل: الذهب، والفضة، والحديد، والنحاس، إضافة إلى بعض أحجار الزينة، مثل: الألماس، و الزمرد، والزبرجد، والفيروز، إلا أنه في وقتنا الحاضر إزداد نهمه، وتنوعت إحتياجاته، مما أدى إلى مضاعفة الجهود لإستكشاف معادن أخرى لتلبية تلك الإحتياجات، وقد نجح في مضاعفتها عشرات المرات، ساعده في ذلك تقدم العلوم والتقنية.

سلك الإنسان قديماً طرقاً بدائية لإستكشاف وإستخلاص المعادن من أماكن تواجدها تمثلت في حفر المناجم السطحية أو المناجم تحت السطحية غير العميقة، كما أعتمد على الطرق الطبيعية البحتة في إستخلاص تلك المعادن. أما الإنسان في وقتنا الحاضر فقد تنوعت لديه وسائل الإستكشاف والتنقيب والحفر والإستخلاص، فوصل إلى أعماق بعيدة في جوف الأرض، فتضاعفت كميات المعادن المستخلصة آلاف المرات غطت معظم الإحتياج البشري، إلا أنه لايزال يتطلع إلى المزيد.

قراءنا الأعزاء

يسرنا أن نقدم لكم عدداً عن «الثروة المعدنية»، التعدين تاريخه ومراحل تطوره، والرواسب المعدنية أماكنها وطرق إستكشافها، والطرق المختلفة للتنقيب عنها واستخلاصها، وسيغطي هذا العدد المواضيع التالية: الثروة المعدنية، والرواسب المعدنية النارية والمتحولة، والرواسب المعدنية الرسوبية، والتنقيب عن المعادن، والاستكشاف الجيوكيميائي، والتعدين، والثروة المعدنية بالمملكة، إضافة إلى الأبواب الثابتة التي درجت المجلة على تضمينها في كل عدد، نأمل أن تحوز على رضاكم.

والله من وراء القصد ،،،

العلوم والتقنية



سكرتارية التحرير

د. يوسف حسن يوسف

د. ناصر عبد الله الرشيد

د. محمد حسين سعد

أ. محمد ناصر الناصر

أ. عطية مزهر الزهراني

التصميم والإخراج

عبد السلام ريان

عرفه السيد العزب

النعيمة يونس حارن

*****



وكالة الوزارة للثروة المعدنية



بدأ الإهتمام بالثروة المعدنية في المملكة العربية السعودية منذ عام ١٣٥٠هـ (١٩٣١م)، وذلك عندما تم التصديق على إتفاقية مع شركة إنجليزية أمريكية للتنقيب عن المعادن وإستغلالها، ونظراً للحاجة لوجود حلقة إتصال بين وزارة المالية والشركات الأجنبية التي لها إمتيازات التنقيب عن المعادن فقد تم في عام ١٣٥٤هـ (١٩٣٣م) إنشاء مكتب إتصال لهذا الغرض.

وفي عام ١٣٧٤هـ (١٩٥٢م) تأسست المديرية العامة للزيت والمعادن بهدف مراقبة الإنتاج والمحافظة على حقوق الدولة، وفي عام ١٣٨٠هـ (١٩٦٠م) ضمت المديرية العامة للزيت والمعادن لوزارة البترول والثروة المعدنية، وفي عام ١٣٨٢هـ (١٩٦٢م) تأسست المديرية العامة للثروة المعدنية وتحولت إلى وكالة الوزارة للثروة المعدنية بتاريخ ١٠/٢/١٤١٥هـ (١٨/٧/١٩٩٤م)، وتم إعتماد الهيكل التنظيمي لها.

الأقسام الإدارية للوكالة

يشرف على الوكالة وكيل الوزارة للثروة المعدنية يساعده في ذلك إثنان من الوكلاء المساعدين أحدهما للمسح والتنقيب، والآخر للإستثمارات التعدينية، إضافة إلى مدير عام للشؤون المالية والإدارية، وهناك أربع وحدات إدارية ترتبط مباشرة بالوكيل، هي: مكتب الوكيل، والإدارة القانونية، وإدارة العلاقات العامة، وإدارة التخطيط.

يعد الوكيل المساعد للمسح والتنقيب هو المسؤول عن الإعدادوالتوجيه والإشراف على تنفيذ برامج العمل الفنية للوكالة والبعثات التابعة لها، وإعداد الخطط الخمسية لقطاع التعدين، كما يعد وكيل الوزارة المساعد للإستثمارات التعدينية المسؤول عن تشجيع القطاع الخاص على المشاركة والإسهام في مشاريع التنقيب عن المعادن وإستغلال الثروات المعدنية في البلاد، إضافة إلى مسؤوليته عن تطبيق نظام التعدين والسياسات واللوائح الخاصة بها.

تتمثل مسؤولية الإدارة العامة للشئون المالية والإدارية في إعداد الخطة الخاصة بالإدارة على ضوء السياسات والأنظمة العامة للدولة، والإشراف الفعال على تنفيذها، كما تقوم بوضع الميزانية السنوية والحسابات المالية للوكالة، وهي حلقة الوصل للتنسيق الإداري بين الإدارات والأقسام المتعددة في الوكالة، وتضم عدداً من الإدارات هي: الإدارة المالية، وإدارة المشتريات، وإدارة شؤون الموظفين، ..إلخ.

أهداف الوكالة

أناطت خطط التنمية الخمسية بالوكالة مهمة جمع وتفسير ونشر المعلومات المتعلقة بالجيولوجيا والثروات المعدنية بإستثناء النفط ومشتقاته، وتتمثل الأهداف لوكالة الوزارة فيما يلي:

- القيام بالأعمال الجيولوجية الأساسية وتحديث وتطوير المعلومات الجيولوجية كأساس لأعمال التنقيب عن المعادن.
- إكتشاف وتقويم وتنمية مختلف رواسب الخامات المعدنية في البر والبحر في المملكة.
- تحديد الجدوى الإقتصادية والفنية للرواسب المعدنية الهامة.
- توفير الخدمات الجيولوجية ذات المنفعة للمجتمع وتقديم المشورة حول المخاطر التي قد تنجم عن وقوع الزلازل والإنهيارات الأرضية والنشاط البركاني والمخاطر الجيولوجية الأخرى.
- تشجيع القطاع الخاص على المساهمة في إستطلاع وإستكشاف وإستغلال الرواسب المعدنية وإطلاع المستثمرين المحتملين على نتائج الجهود الحثيثة التي تبذل في مجال التنقيب عن المعادن بصورة منتظمة.
- تطوير السياسات واللوائح والأنظمة التي تحكم النشاط التعديني والمسائل المتعلقة به بغرض خلق المناخ الملائم للإستثمار والتأكد من الإلتزام بأحكام نظام التعدين ولوائحه التنفيذية.
- إنتاج خرائط عالية الجودة وتقارير توضح نتائج برامج عمل وكالة الوزارة للثروة المعدنية، والتأكد من نشر هذه المعلومات بطريقة فعالة وإيصالها إلى الجهات الحكومية والمؤسسات العامة والقطاع الخاص.
- زيادة الكفاءة الإنتاجية للخدمات الفنية والميدانية المساندة.
- تنمية وتدريب الكوادر السعودية في كافة مجالات نشاط القطاع المعدني لرفع قدراتهم ومهاراتهم وإحلالهم محل العمالة الأجنبية.

إنجازات الوكالة

تمثلت إنجازات وكالة الوزارة للثروة المعدنية خلال الخطة الخمسية الخامسة في ما يلي:

● التعاون الفني

تولي وكالة الوزارة للثروة المعدنية إهتماماً كبيراً ببرامج تنمية التعاون العلمي والفني بينها وبين الجهات الحكومية، ومؤسسات القطاع الخاص والعام

والهيئات العربية والدولية.

وقد أعدت في هذ المجال خريطة جيوتقنية لمدينة الرياض، وقامت بتطبيق صور القمر الصناعي لاندسات في مجال المسح الجيولوجي وإستكشاف المعادن، ودراسة خصائص الرمل الأبيض وإستخداماته في منطقة الرياض وذلك بالتعاون مع كل من **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، والهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض**، كما قدمت لشركة **أرامكو السعودية** بيانات جيولوجية تتعلق بالتنقيب عن النفط، وللشركة السعودية للصناعات الأساسية «**سابك**» معلومات حول دراسات الثروة المعدنية بالمملكة، كما شاركت في العديد من المعارض المحلية والدولية.

● المسح الجيولوجي

تمثل أعمال المسح الجيولوجي الهدف الرئيسي لوكالة الوزارة للثروة المعدنية، وقد تركزت معظم أعمال المسح الجيولوجي خلال خطة التنمية الخامسة على إعداد خرائط كل من صخور الغطاء والحمم البركانية من حقب الحياة الحديثة، إضافة إلى إعادة تجميع الخرائط الجيولوجية الإقليمية ذات مقياس الرسم ١ : ٥٠٠,٠٠٠ لبعض أجزاء الدرع العربي.

● الخدمات الجيولوجية للمجتمع

تقدم الوكالة للمجتمع خدمات فنية متخصصة تتمثل في:

*** التقويم العام للمخاطر الجيولوجية :** ويهدف هذا العمل إلى الإستجابة لدراسة الحالات الطارئة الناتجة عن الكوارث الطبيعية التي قد تؤدي إلى وقوع خسائر بشرية لاسمح الله، وقد إستجابت الوكالة للعديد من طلبات الطوارىء الواردة إليها من الجهات الحكومية، ومن المواطنين، والمتعلقة بالزلازل في منطقتي القصيم والبحر الأحمر، والإنهيارات الأرضية في اليتمة، والنوافث البركانية في المدينة المنورة، وينابيع الماء الحارة بالقرب من الليث، والخسائر الناجمة عن الفياضانات شمال جيزان، والإنزلاقات الأرضية شمال غرب الباحة، كما إستمر قسم المخاطر الجيولوجية في تقويم إنتشار غاز الرادون، وتنفيذ دراسة عن تفريغ مياه الصرف الصحي بالقرب من مدينة جدة وأثره على صحة المواطن وتم تقديم التوصيات اللازمة بهذا الخصوص.

*** مراقبة النشاط البركاني الزلزالي :** وقد تم تركيب شبكة رصد زلزالي متنقلة في المدينة المنورة لمراقبة النشاط البركاني في المنطقة، تتكون من ثمان محطات تغطي مساحة تقدر بـ ٢٤٠٠ كيلومتر مربع، وهي قادرة على رصد أحداث زلزالية تقل عن ١,٠ درجة على مقياس رختر، كما تم إنشاء خط الإتزان الجانبي في عام ١٩٩٠م، وفي عام ١٩٩٢م تم نصب شبكة النظام العالمي لتحديد المواقع النشطة، وتغطي هاتان الشبكتان الجزء الشمالي من حرة رهط والمدينة المنورة، وهي المنطقة الأكثر عرضة للنشاط البركاني.

*** الخرائط المتخصصة :** وتشتمل على عدة بيانات جيولوجية تخدم الجهات الحكومية الأخرى، والجامعات، وشركات النفط، وهيئات التنمية، والشركات الخاصة، والهدف منها المساعدة في تنفيذ برامج التنقيب عن المعادن، والنفط، والتطبيقات الجيوتقنية، والدراسات البيئية، والتطبيقات العامة للبنية التحتية، والإستثمار التجاري في القطاعين العام والخاص.

● التنقيب عن المعادن

يمثل التنقيب عن المعادن النشاط الرئيسي لوكالة الوزارة للثروة المعدنية، وخلال خطة التنمية الخامسة شملت خطة التنقيب التي نفذت التنقيب عن المعادن الثمينة، ومعادن الأساس، والمعادن الصناعية، وأحجار الزينة، والأحجار الكريمة، وقد تم خلال هذه الفترة تنفيذ ما إجماله ٦٣٠٠٠ متر من أعمال الحفر، تركز الجزء الأكبر منها على التنقيب عن الذهب.

*** المناجم القديمة:** ويوجد أكثر من ١٠٠٠ موقع للأعمال المنجمية القديمة في كافة أرجاء الدرع العربي.

*** المعادن الثمينة:** وقد تركز البحث عنها في إتجاهين متوازيين ومحددين هما الإستطلاع العام للأحزمة والمناطق المتمعدنة المختارة، وتقويم مكامنها.

● التنمية المعدنية

تتبنى وكالة الوزارة للثروة المعدنية تشجيع وتطوير الصناعة المعدنية المحلية، لذا تقوم بأنشطة التنقيب عن المعادن في المكامن الواعدة إقتصادياً، لتوفير بيانات جيولوجية وإقتصادية مؤكدة للمستثمرين كما هو موضح في الجدول (١).

● الإستثمارات التعدينية

نتيجة لدراسة الرواسب المعدنية الوعية تنامت مساهمة شركات التعدين الأجنبية والمحلية في التنمية التعدينية، يدل على ذلك الزيادة المضطردة في عدد الإمتيازات الممنوحة، التي شملت ٣٩ تصريح إستطلاع، و ٨ رخص كشف، و٦ تصاريح مناجم، و ١٦ إمتياز تعدين، و ٥٩٩ تصريح مواد بناء.

الخدمات المساندة والمعلومات

تضم إدارتي الخدمات المساندة والمعلومات العديد من الأقسام التي تؤدي دورها في تسيير عمل الوكالة، وهي : الجيوفيزياء، والجيوكيمياء، والمعامل، والحفر والخنادق، والتحرير الفني، والتقارير الفنية، والحاسب الآلي، والمكتبة.

أسم الموقع	المعدن	تاريخ الدراسة	نوع المنجم	الخام الإحتياطي (مليون طن)	المنتج	عمر المنجم (سنوات)	الإنتاج السنوي
الجلاميد	فوسفات	١٩٩٢م	حفرة مكشوفة	٢١٣	ثاني فوسفات الأمونيوم	٢٠	٢,٩ مليون طن
وادي الصواوين	حديد	١٩٩٣م	حفرة مكشوفة	٨٤	مكورات حديد	٢٥	٢,٢ مليون طن
الزبيرة	بوكسيت	١٩٩٣م	حفرة مكشوفة	١٠٢	بوكسيت	٢٠(مبدئياً)	٢,٥ مليون طن
الحجار	ذهب	١٩٩٤م	حفرة مكشوفة	٥	ذهب	١٠	طن واحد
حمضة	ذهب	١٩٩١م	حفرة مكشوفة	٠,٩١	ذهب	٨	٠,٥ طن
الخنيقية	زنك نحاس	١٩٩٤م	منجم تحت الأرض	١,٩	مركزات زنك مركزات نحاس	١٣	٣٤٤٠٠ طن ٢٤٠٠ طن
الخنيقية	زنك نحاس	١٩٩٤م	حفرة مكشوفة	٣,٢	مركزات زنك مركزات نحاس	١١	٥٤,٨٠٠ طن ٤٥٠٠ طن

* المصدر : وكالة الوزارة للثروة المعدنية النشاط والانجازات بالمملكة (١٤١٦هـ ـ ١٩٩٥م) الطبعة الأولى.

● جدول (١) : ملخصات فنية واقتصادية لبعض الرواسب المعدنية الإقتصادية الواعدة.



الثروة المعدنية

د. محمد سهل أحمد سهل

الثروة المعدنية هي امتلاك أو إمكانية الحصول على كميات كبيرة من الرواسب المعدنية الاقتصادية ، التي أصبحت تشكل أهم ركائز الحياة في معظم الدول خاصة الصناعية منها . وتكمن أهمية الرواسب المعدنية في العديد من الاستخدامات والصناعات التي تقوم وترتكز على المعادن المستخلصة منها مثل صناعة الحديد والصلب ، والزجاج ، والمواد الكيميائية ، والسبائك ، والأجهزة الكهربائية ، والالكترونية .. وغيرها ، فضلاً عن الدور الرئيس الذي تلعبه بعض الخامات المعدنية كمصادر للطاقة مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي ومعادن اليورانيوم والثوريوم .

يتشكل الراسب المعدني على هيئة جسم جيولوجي له أبعاد ـ امتداد وسمك ـ في الحقل مثل طبقة أو عرق أو متداخلة نارية أو طفح بركاني ، ويتألف الراسب من معدن أو أكثر له قيمة ونفع اقتصادي ، ومن أمثلة الرواسب المعدنية الكوارتز الحامل للذهب أو القصدير ، وطبقات الفحم أو الحديد .

يطلق على الراسب المعدني إما راسب معدني معاصر (Syngenetic Deposit) أي تكون مع الصخور المحتوية عليه أو المصاحبة له ، أو راسب معدني لاحق (Epigenetic Deposit) أي تكون في مرحلة متأخرة بعد تكوين الصخور المحتوية عليه أو الضامة له .

أما الخام المعدني (Mineral ore) فهو مادة الراسب المعدني ، وهو جسم يظهر طبيعياً ، وذو قيمة اقتصادية وبصورة مربحة وقت استغلاله ، ويعتمد الإنتفاع من الخام المعدني على عوامل كثيرة ومتعددة منها التقدم التقني ، والحاجة إلى السلع المصنعة منه ، وأسعارها ، وتطور طرق معالجة واستخلاص الفلز منه . فقد يكون الخام عالي الرتبة إذا ارتفعت فيه نسبة الفلز أو منخفض الرتبة إذا قلت فيه هذه النسبة ، وأن بعض الفلزات قد تستخلص من الخام كناتج ثانوي (Byproduct) بالإضافة إلى فلزها الرئيسي ، مثال ذلك استخلاص اليورانيوم من رواسب الفوسفات ، واستخلاص الفضة من رواسب الزنك ، فهناك معادن فلزية معينة تتواجد مع صخور معينة ، فمثلاً يوجد الكروم والنيكل مع صخور البريدوتيت أو السربنتينيت المتحولة عنه ، كذلك توجد رواسب القصدير والموليبدنم في صخور الجرانيت ، أما رواسب النحاس والزنك فتوجد مع الصخور البركانية أو الفتاتية ذات التركيب الحمضي أو المتوسط .

طرق تكوين الرواسب المعدنية

طرحت عدة نظريات تفسر تكوين الرواسب المعدنية ، ففي عام ١٥٤٦م صنف **أجريكولا** (Agricola) الألماني الخامات المعدنية وأشار إلى أن القنوات الحاملة للخام هي قنوات ثانوية ، وهي أحدث عمراً من صخور المنطقة ، وأن الخامات المعدنية قد ترسبت من محاليل تدور خلال تلك الصخور ، وذكر **نيكولس ستينو** (Nicolas Steno) عام ١٦٦٩م أن الرواسب المعدنية تتكون نتيجة لتكثف الأبخرة الصاعدة في الشقوق الصخرية . واعتبر كل من **زيمرمان** (Zimmerman) **وهنكل** (Henkel) ، عام ١٧٤٦م أن المحاليل الحَرْمائية الساخنة (Hydrothermal Solutions) لها أهمية في تكوين رواسب الخامات . ولاحظ **ديلس** (Deluis) ، عام ١٧٧٠-١٧٧٣م تحلل (Alteration) الخامات المعدنية القريبة من السطح والناتجة عن العوامل الجوية ، وفسر **هتون** (Hutto) ، ١٧٨٨-١٧٩٥م أن الصهارة (Magma) هي مصدر الصخور النارية والخامات المعدنية . وقدم **ليندجرين** (Lindgren) الأمريكي عام ١٩٣٣م تصنيفاً للرواسب المعدنية المتكونة بالمحاليل الحرمائية فقسمها



● شكل (١) الحواف المتباعدة (Sprcading)

مستوى سطح البحر
رواسب كبريتيدية كتلية مصاحبة للبركانيات تحت الماء
قشرة محيطية
قشرة قارية

● شكل (٢) الرواسب المعدنية المصاحبة للوحات المتباعدة

إلى ثلاثة أنواع هي رواسب معدنية عالية الحرارة (Hypothermal) تكونت في درجات حرارة عالية تتراوح مابين ٣٠٠ الى ٥٠٠ درجة مئوية ، ورواسب معدنية متوسطة الحرارة (Mesothermal) تكونت في درجات حرارة متوسطة تتراوح ما بين ١٥٠ـ٣٠٠ درجة مئوية ، ورواسب معدنية متدنية الحرارة (Epithermal) تكونت في درجات حرارة تتراوح بين ٥٠ إلى ١٥٠ درجة مئوية .

وفي أواخر الستينيات ظهر حدثين هامين ساعدا على معرفة تكوين الرواسب المعدنية هما : قياس الموانع السائلة (Fluid Inclusions) المصاحبة للرواسب المعدنية ، وذلك لمعرفة الحرارة والضغط اللذين تكّون عندهما الراسب المعدني ، ونظرية بنائية الألواح (Plate Tectonics) .

بدأ العلماء في الإهتمام بنظرية بنائية الألواح ـ منذ أواخر الستينات وبداية السبعينات ـ التي نجحت كثيراً في تفسير تكون الثروات المعدنية والصخور الحاملة لها ، حيث تفترض هذه النظرية أن قشرة الأرض ليست متصلة بل تتكون من لوحات منفصلة تتداخل بعضها مع بعض كل منها في حركة دائمة بالنسبة لما يجاورها من لوحات ، وأن أغلب النشاط الجيولوجي من تبركن وحقن سحيقات وتكون رسوبيات ، ورواسب معدنية يتركز على حواف هذه اللوحات ، وتنقسم حركة حواف الألواح إلى ثلاثة أنواع هي :

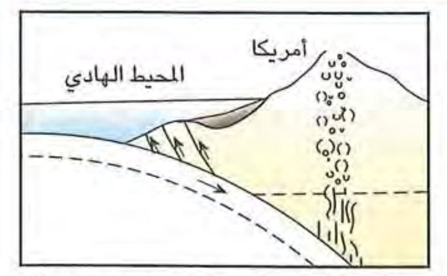
١ـ حواف متباعدة (Divergent, Spreading)

حيث يتباعد لوحان شكل (١) ، وينشأ بينهما صخور بازلتية جديدة مكونة مايعرف بأعراف وسط المحيط (Mid-ocean ridges basalt) كما هو الحال في كل من المحيط الأطلسي ، والهندي والهادي (Atlantic, Indian and Pacific Oceans)، وتعرف هذه الصخور بنسق الأفيوليت (Ophiolite suites) . ونتيجة لعوامل تكتونية فقد تموضعت أجزاء من هذه الصخور عبر أزمنة جيولوجيه في القارات مثل صخور الأفيوليت في كل من قبرص وعمان وبعض أجزاء من صخور الدرع العربي كأحزمة كل من : نبيطة وبير عمق والوسق والأمار الأفيوليتي .

ويصاحب حواف اللوحات المتباعدة رواسب معدنية مثل :

- رواسب الكبريتيدات الكتلية من نوع قبرص (Cyprus - type massive Sulphides) ، شكل (٢) .
- رواسب الكروميت من النوع الكروي (Alpine - type podiform Chromites)
- كبريتيدات النيكل والنحاس (Ni-Cu Sulfides)
- رواسب المنجنيز المتطبقة (Stratiform Mn Deposits)
- رسوبيات غنية بالفلزات مثل النحاس والزنك والموليبدنم .
- راوسب ثانوية من التلك والاسبستوس والمنجنزيت.

٢ـ حواف متقاربة (Convergent, Destructive) :

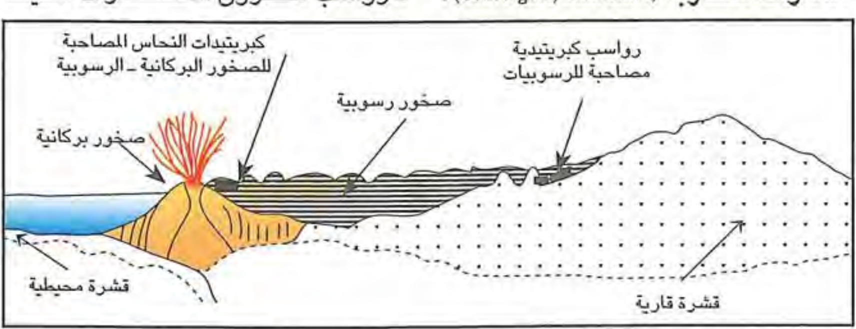


● شكل (٣) الحواف المتقاربة (Convergent) بين لوحة المحيط الهادي وأمريكا

ومنها يتقارب لوحان باتجاه بعضهما ببعض ليلتقيا معاً ويتصادما وينطوي أحدهما تحت الآخر طبقاً لإختلاف كثافة الصخور المكونة للوحين ، شكل (٣) ، ويحدث التصادم إما بين لوحين إحداهما قاري والآخر محيطي ، أو إما بين لوحين قاريين وذلك كما يلي :

(أ) ـ قاري ـ محيطي : حيث ينطوي لوح محيطي (أكثر كثافة) تحت لوح قاري (أقل كثافة) ويتم استهلاكه ، ومثال ذلك إنطواء لوحة المحيط الهادي تحت لوح أمريكا ، وقد صاحب ذلك تكون أقواس جزر بركانية كونت جبال الانديز في أمريكا ، ونتج عن ذلك تكون رواسب معدنية مختلفة مثل :

- الكبريتيدات الكتلية من الزنك والنحاس والرصاص من نوع كوروكو (Kuroko-type Massive Sulfides) شكل (٤) .
- الرواسب الكبريتيدية من نوع مانتو (Manto-Type) للنحاس .
- الكبريت الحر والبيريت .
- رواسب الكبريتيدات الكتلية (نحاس + زنك) من نوع بيشي (Besshi type).
- رواسب مجنيتيت بركانية الأصل (Volcanogenic Magnetite Deposits).
- رواسب عروق الفلزات النفيسة



● شكل (٤) الرواسب المعدنية المصاحبة لأقواس الجزر

(Epithermal Precious Metal Deposits) .

- رواسب الزئبق (Mercury deposits) .

- رواسب النحاس البورفيري (Porphyry-type Deposits) ، شكل (٥).

- عروق النحاس والرصاص والخارصين والفضة (Cu-Pb-Zn-Ag Vein type)

- أنابيب النحاس والتورمالين البريشية (Cu-Tourmaline Breccia Pipes).

- رواسب عروق القصدير (Vein Tin Deposits).

- رواسب القصدير البورفيري (Porphyry Tin Deposits).

(ب) - قاري - قاري : حيث يتم الاصطدام بين كتلتين قاريتين أو بين كتلة قارية وأقواس جزر ، شكل (٦) ، ينشأ عنه تزايد في سمك القشرة القارية كما هو الحال في تكوين جبال الهيمالايا بالهند ، ويصاحب ذلك تكوين رواسب معدنية منها مايلي :

- رواسب القصدير والتنجستن المصاحبة للجرانيت (كما في كورنوول بانجلترا)

- رواسب الحديد والتيتانيوم المصاحبة للأنورثوزيت (كما في تهاواس - نيويورك)

- بعض رواسب الفلزات القاعدية .

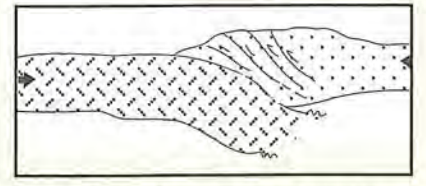
- عروق العناصر المعدنية الخمسة (فضة حرة - نيكل - نحاس - كوبلت - يورانيوم)

- بعض رواسب اليورانيوم المصاحبة لطبقات الحجر الرملي الأحمر .

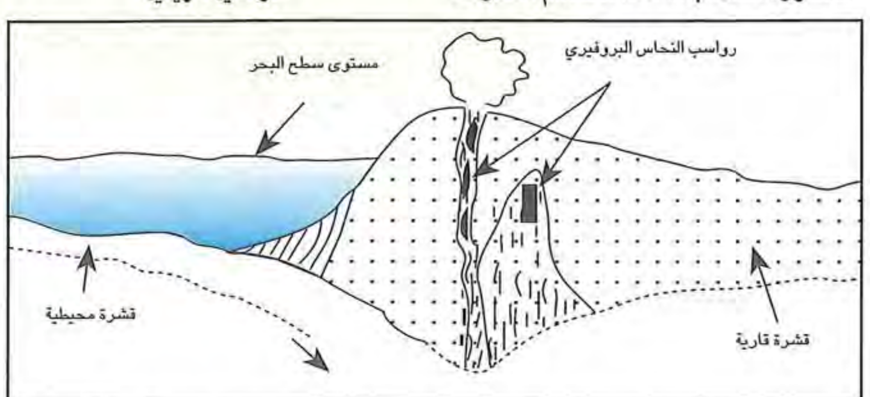
- البلاتين في الأورال بأوربا .

ويمكن توضيح كيفية تكوين الرواسب المذكورة أعلاه بأنه عند تصادم القارات تداخل وتلتحم لتكون قارات جديدة أكبر ، وتتكون سلسلة جبال جديدة عند خطوط الإلتحام ، ومن الملامح المهمة وجود رسوبيات الجيوسينكلين (Geosyncline) على الحافة بين الكتلتين القاريتين ، ففي جبال الألب الشرقية - مثلاً - ركبت رقيقة من اللوحة الشمالية وحصرت تحتها كمية كبيرة من الرسوبيات ، وقد تتشوه الرسوبيات المنحصرة بين القارتين في نطاق التصادم لدرجة تختفي طبيعتها الصخرية الأصلية بفعل التضاغط الذي يُحدث بها طيات وصدوع دسر (Thrust faults) .

وعندما تتصادم قارتان تتبقى آثار ضئيلة من القشرة المحيطية السابقة الوجود محفوظة في سلاسل الجبال الناشئة عن التصادم فيوجد الشيرت (Chert) واللابة الوسائدية البازلتية (Pillow Basalt lava) وصخور السربنتينيت (Serpentintite) معاً بكميات بسيطة في سلسلة جبال شتانيمان (Steinmann) نسبة إلى أول من تعرف عليها في جبال الألب ، كما وجدت صخور الجابرو(Gabbro) ، والأمفبوليت (Amphibolites) والصخور فوق القاعدية (Ultramafics) مكونة جزء من نفس الصحبة التي يطلق عليها اسم النسق



● شكل (٦) عملية التصادم (Collision) بين لوحتين قاريتين



● شكل (٥) الرواسب المعدنية المصاحبة لعملية الإنطواء عند حافة القارة .

الأفيوليتي (Ophiolite Suite) ويعتقد أنها تمثل أجزاء من القشرة المحيطية اندمجت في سلسلة الجبال أثناء عملية التصادم .

٣- حواف منزلقة على صدوع ناقلة (Tronsform Faults) : حيث ينزلق أو يزحف لوحين إحداهما بموازاة الآخر في حركة مضربية (Strike slip) بدون بناء أو هدم ، ومثال على ذلك صدع سان أندرياس (San Andreas Fault) في أمريكا ، والصدوع الناقلة الموجودة في وسط البحر الاحمر .

تؤدي حركة الحواف المنزلقة إلى تكوين عدة رواسب منها :

- رواسب الكمبرليت والكاربوناتيت (Kimebrlite and Carbonatite) .

- رواسب الكبريتيدات من نوع البحر الأحمر وبحر سالتون (Red Sea and Salton Sea Deposits).

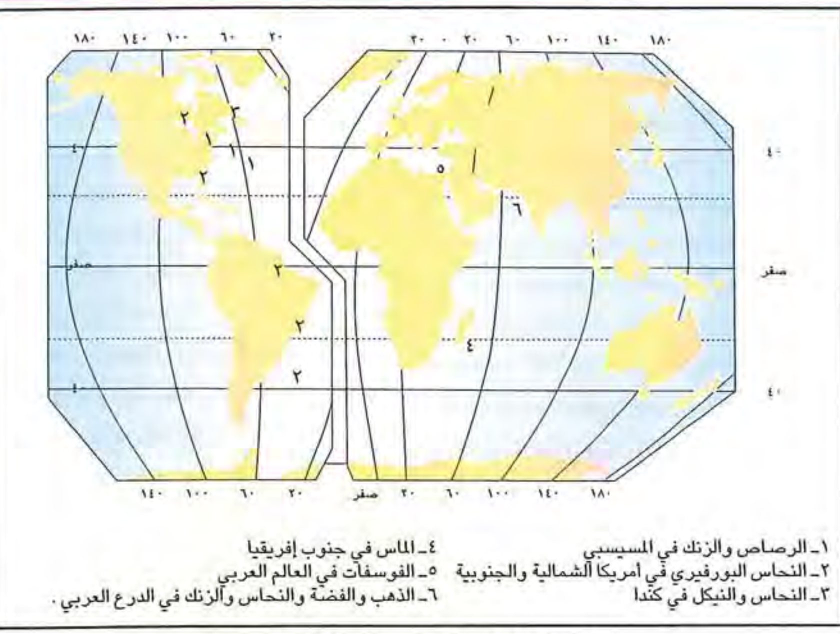
- رواسب الزئبق والانتمون (Sb-Hg deposits).

توزيع المعادن في العالم

تتوزع المعادن في أقاليم جيولوجية معينة تسمى الأقاليم المعدنية المنشأ أو الميتالوجينية (Metallogenic Provinces) ، ويرتبط هذا التوزيع بعلم نشأة المعادن الذي يهتم بكيفية تكوين المعادن وتوزيع الرواسب المعدنية مع التركيز على علاقاتها في الزمان والمكان بالظواهر البترولوجية (أصل الصخور وتاريخها ، وتركيبها الكيميائي وتصنيفها) ، والبنائية . فالأقاليم الميتالوجينية هي مساحة من القشرة الأرضية تتميز بوجود صحبة معينة من المعادن أو الرواسب المعدنية بصورة ثرية غير طبيعية تكونت خلال فترة معينة من الزمن الجيولوجي (الأزمنة الميتالوجينية Metallogenic epoche-) كانت ملائمة لذلك ، ومن أمثلة الأقاليم المعدنية ، شكل (٧) ، مايلي :

١- إقليم الرصاص والزنك في وادي نهر المسيسبي بالولايات المتحدة .

٢- إقليم النحاس البورفيري (Porphyry) في أريزونا ويوتا ونيومكسيكو.



● شكل (٧) توزيع الرواسب المعدنية في العالم .

٣ـ إقليم النحاس البورفيري في غرب أمريكا الشمالية والجنوبية .

٤ـ إقليم النحاس والنيكل في سادبري بكندا .

٥ـ إقليم الماس في جنوب أفريقيا .

٦ـ إقليم رواسب الفوسفوريت في العالم العربي .

٧ـ إقليم الذهب والفضة والنحاس والزنك في الدرع العربي .

أنواع الرواسب المعدنية

تنقسم الرواسب المعدنية إلى مجموعتين رئيسيتين هما رواسب المعادن الفلزية (Metallic Mineral Deposits) ، ورواسب المعادن اللافلزية (Non-Metallic Minerl Deposits) ، ويمكن توضيحها على النحو التالي :

● رواسب المعادن الفلزية

تشتمل الرواسب المعدنية الفلزية على عدة أنواع هي :

* **الفلزات النفيسة :** وهي كالتالي :

ـ **الذهب :** وتتكون معادنه الإقتصادية من الذهب الحر ، وكميات قليلة من الذهب في معادن التيلوريدات ، والالكتروم ، وتحتوي التيلوريدات على معادن الكالافيريت ، والسيلفانيت ، والبنتزايت ، وتتعدد استخدامات الذهب إلا أن أهم استعمالاته هي في الاحتياطات النقدية والمجوهرات .

ينتج الذهب من بلدان كثيرة من أهمها : جنوب افريقيا ، وروسيا ، وكندا ، والولايات المتحدة الامريكية ، وأستراليا ، وغانا ، وجنوب أمريكا ، والفلبين ، وروديسيا ، وجمهورية الدومينكان ، وكولومبيا ، واليابان ، والمكسيك ، وزائير .

ـ **الفضة :** ويأتي كثير منها كنا تج ثانوي مع رواسب الذهب والرصاص والنحاس والزنك ، أما معادن الفضة الأساسية فهي الفضة الحرة والأرجينتيت ، والبيرارجيرايت، والبوليباسيت ، والبروستيت ، والبيرارجيريت.

يستخدم حوالي ١٥٪ من الفضة في الأغراض النقدية الا أن الاستخدام الأساسي للفضة هو في طلي الأدوات والأواني الفضية . كما أن للفضة استخدامات أخرى كاستخدامها في التصوير وبعض الصناعات الكيميائية ، وتعد روسيا ، وكندا ، والمكسيك ، وبيرو ، والولايات المتحدة الامريكية أهم البلدان التي تنتج الفضة .

ـ **مجموعة البلاتين :** ويأتي أغلب إنتاجها من روسيا ، وجنوب إفريقيا ، وكندا . أما معادن خام البلاتين فهي العنصر الحر ، ويظهر البلاتين في المعادن الآتية: السبير بليت ،والكوبيريت ، والبلادينيت ، والبراجيت. ويوجد البلاتين مع الصخور القاعدية ، وفوق القاعدية ، ويصاحب رواسب الكروميت والنيكل . ويستخدم البلاتين في الصناعات الكهربائية والكيميائية .

* **الفلزات غير الحديدية :** وتشتمل على مايلي :

ـ **النحاس :** وتكثر البلدان المنتجة له وأهمها الولايات المتحدة الامريكية ،و شيلي ، و زامبيا ، و وكندا ، وروسيا ، وزائير ، وبيرو ، واستراليا ، وجنوب افريقيا . ويظهر النحاس في أربعة مجاميع رئيسية هي (نحاس حر طليق ، أو كبريتيدات ، أو أكاسيد ، أو معقدات من النحاس والرصاص والزنك والذهب والفضة) .

آما المعادن الكبريتيدية الرئيسية التي يستخلص منها النحاس فهي الكلكوبيريت ، والبورنايت ، والكالكوسيت ، والآنارجيت . آما آكاسيد النحاس فهي الكوبيرايت ، والملاكيت ، والأزوريت ، والكريزوكولا ، والآتاكاميت .

يستخدم النحاس في الصناعات الأساسية كالآلات المتحركة والصناعات الكهربائية ، وفي صناعة الأسلاك التي تستخدم في أغراض شتي كأسلاك الكهرباء والتليفون . كما أنه يدخل في استخدامات أخرى كصناعة التلفزيونات ، والراديو ، والثلاجات ، ومكيفات التبريد .

ـ **الرصاص والزنك :** وينتج من عدة دول هي روسيا ، والولايات المتحدة الامريكية ، واستراليا ، وكندا ، والمكسيك ، والمانيا . وتعد الولايات المتحدة من أهم البلدان التي تملك احتياطي كبير من الرصاص يقدر بحوالى ١٨ مليون طن.

يستخرج الرصاص من عدة معادن هي : الجالينا ، والسيروسيت ، والانجليزايت ، أما الزنك فيستخلص من معادن السفاليريت ، والهيمومورفيت ، والزنكيت ، والليمانيت ، والفرانكلينايت .

يستخدم الرصاص والزنك في صناعة البطاريات الجافة ، والكابلات الكهربائية ، واللحام ، وعمليات الجلفنة ، وكمعادن مقاومة للتآكل ، ويخلط الرصاص والزنك مع النحاس فى عمل سبائك تستخدم فى صناعة القضبان والأسلاك والأنابيب .

ـ القصدير : وينتج في كل من ماليزيا ، وبوليفيا ، والصين ، وإندونيسيا ، وتايلند ، وآستراليا ، و يستخرج القصدير من معدن الكاستريت والأستانيت ، ويستخدم فى عمل الأسقف القصديرية ، وطلي الحاويات الحاملة للأطعمة كما أنه يستخدم فى اللحام والطلاء وصناعات كيميائية كثيرة .

ـ الألمنيوم : ويعد من العناصر الموجودة بكثرة فى القشرة الأرضية ، ويوجد كمكون رئيسي في كثير من المواد مثل الطين ، والصخور السيليكاتية ، ويستخرج الألمنيوم تجاريا من البوكسيت . ونظراً لخصائص الألمنيوم الجيدة (خفته ، وصلابته ، وقوته ، ومقاومتة للتآكل ، وتوصيله الجيد للكهرباء) فإنه يستخدم فى كثير من الأدوات الكهربائية . وأهم البلدان المنتجة له هي أستراليا ، وجاميكا ، وغينيا .

*** الحديد والفلزات الحديدية :** وتشتمل على التالي : ـ

ـ الحديد : وتتكون معادنه من الجنيتيت ، والهيماتيت ،والليمونيت ، والسيدريت ، ويستخدم فى صناعات كثيرة أهمها صناعة السيارات ، والقاطرات . وتعد روسيا ، والولايات المتحدة ، والبرازيل ، وفرنسا ، وكندا ، وجنوب إفريقيا من أهم البلدان المنتجه له .

ـ المنجنيز : وتشتمل معادنه على البيرولوسايت ، والمانجانيت ، والبسلوميلين ، والهسمانيت ، والرودوكريسيت ، والرودونيت ، والبيمنتيت . ويتم إنتاجة بصفة أساس من روسيا ، وجنوب افريقيا ، والبرازيل ، وأستراليا ، والجابون.

ـ النيكل : ويعرف معدنه التجاري بالبنتاليندیت ويدخل مع عناصر كثيرة لعمل سبائك مثل النحاس ، والكروم ، والألمنيوم ، والرصاص ، والكوبالت ، والمنجنيز ، والفضة والذهب . وتستخدم هذه السبائك فى تغطية أجزاء كثيرة من آلات السيارات ، والطائرات ، والسفن والقطارات الحديدية . ومن أهم البلدان المنتجة للنيكل هي كندا ، وروسيا ، وكاليدونيا .

ـ الكروم : ويستخرج من الكروميت ، ويدخل مع بعض العناصر الأخري مثل الحديد ، والنيكل ، والكوبالت لعمل سبائك الكروم التى تتميز بقوتها ومتانتها ومقاومتها للأكسدة والتآكل وخفتها ، وكذلك تستعمل فى صناعة السيارات ، والطائرات ، والقطارات . وللكروم إستعمالات أخرى فى الأعمال الكيميائية ، وفى الأفران والصبغات . وأهم البلدان المنتجة له هي ، الولايات المتحدة الامريكية ، وتركيا ، وروسيا ، وجنوب افريقيا .

ـ الموليبدنم : يستخرج من الموليبدنيت ، والولفانيت ، ويستخدم مع بعض العناصر لعمل سبائك مثل سبائك الموليبدنم والحديد التى تعد من أكثر السبائك صلابة وقوة ولدونة . وتستخدم هذه السبائك فى كثير من الصناعات مثل صناعة الطائرات ، والسيارات ، والأقلام ، والبنادق ، والأسلاك . ومن أهم البلدان المنتجة له هي الولايات المتحدة الامريكية ، وكندا ،وشيلي ، وروسيا ، وبيرو .

ـ التنجستن : يستخرج من معادن الشيلايت ، والفرمايت ، والفيربرجيت ، والهوبنرايت ، ويدخل مع بعض المعادن مثل الموليبدنوم ، والكروم ، والكوبالت لعمل سبائك الفولاذ التى تستخدم فى قطع المواد ذات الصلابة القوية ، وتعرف سبائك التنجستن المستخدمة فى القطع بأنها أقوى السبائك فى القطع بعد الماس . ويستخدم التنجستن أيضا فى عمل بعض التوصيلات الكهربائية ، وفى أنابيب الأشعة السينية . وأما الدول المنتجة للتنجستن فهي الصين ، وشمال كوريا ، وروسيا ، والولايات المتحدة الامريكية .

ـ الفاناديوم : ويستخرج من الكربونات ، والروسكولايت ، والفاناديت ، والديسكولوسيت ، والكولوسونيت ، والمونترسيت . وتستخدم سبيكة فولاذ الفاناديوم في صناعة محاور العجلات ، والمكابس ، والأقلام كما تستخدم سبائك الفاناديوم مع الموليبدنم والتنجستن لتغليف الحديد والبرونز . يحل الفاناديوم محل البلاتين في كثير من الإستخدامات كما يستخدم فى بعض الصناعات النووية ، وتعد الولايات المتحدة الأمريكية أكبر الدول منتجة للفاناديوم يليها روسيا ، وجنوب افريقيا .

ـ الكوبالت : ويستخرج من زائير ،وزامبيا ، وكندا ، وفلندا ، والولايات المتحدة الامريكية .ويضاف مع بعض المعادن الأخرى لعمل سبائك تستخدم كثيراً فى الصناعة ، فصلب الكوبالت مقاوم للتآكل ولذا فإنه يستخدم في صنع محركات الطائرات ، كما يستخدم الكوبالت فى الطلاء لإعطاء الزجاج اللون الأزرق .

*** الفلزات ضئيلة المقدار :** وهي عديدة ومنها مايلي :

ـ الأنتمون : ويستخرج من معادن الأستبنيت ، والسيرفانيت ، والسيرانمونيت ، وتستخدم سبائك الأنتمون – الرصاص فى صناعة قضبان البطاريات ، والصفائح ، وتغليف الكابلات الكهربائية ، والأصباغ ، والطلاء ، وفى استخدامات حربية كصنع القذائف . ويستخرج الأنتمون من عدة بلدان أهمها الولايات المتحدة الامريكية ، وجنوب أفريقيا ، والمكسيك ، وبوليفيا .

ـ الزرنيخ : ويستخرج كنا تج ثانوي من بعض الرواسب المعدنية مثل الرواسب الأرسينية ، ورواسب الرصاص ، والزنك ، والنحاس ، والأنارجيت ، ورواسب النحاس ، والبيريت ، والزرنيخ ، ورواسب الفضة ـ والنيكل والكوبالت الأرسينية ، ورواسب القصدير الأرسينية .

يضاف الزرنيخ للرصاص لعمل سبائك تستخدم في صناعة القنابل ، كذلك فإن أرسينيات الرصاص والكالسيوم تستخدم في المبيدات الحشرية ، وللزرنيخ إستخدامات أخرى في الطب والأصباغ وكمواد كيميائية . ويصدر الزرنيخ من السويد ، وفرنسا ، والمكسيك ، وبلجيكا ، واستراليا ، واليابان .

ـ البيريليوم : ويستخرج من معدن البيريل الذي يوجد في عروق البجماتيت. يتميز البريليرم بأنه معدن خفيف ، يضاف إلى بعض العناصر مثل النحاس ، والكوبالت والألمنيوم فيمنحها قوة ومقاومة عالية ، ونظراً لمقاومتة العالية للحرارة فإنه

يستخدم في سفن الفضاء ، وفي المفاعلات النووية . أما البلدان المنتجة له فهي الولايات المتحدة الأمريكية والبرازيل .

ـ البزموث : وتتكون معادنه من البزموث الحر ، والبزموثانيت ، ويستخرج من رواسب معدنية مثل رواسب القصدير ، والنحاس ، والفضة ، والرصاص. والبزموث عنصر قليل في الطبيعة إلا أن له إستخدامات كثيرة هامة في الطب ومستحضرات التجميل ، فضلاً عن إستخدامات أخرى مثل طلاء البورسلين ، والتلميع ، وصناعة النظارات الطبية ، كما يدخل البزموث مع بعض العناصر مثل الرصاص ، والقصدير ، والكادميوم ، والأنتمون لعمل السبائك . وتعد المكسيك ، وبيرو ، واليابان ، والمانيا ، وروسيا ، واستراليا ، وبوليفيا هي البلدان المنتجة له .

ـ الكادميوم : ويستخرج من رواسب الزنك ، كما يستخرج من الكبريتيدات ، والكربونات ، والأكاسيد المصاحبة لخام معدن السفاليريت . والكادميوم عنصر لدن يدخل في صنع سبائك مع عناصر أخرى مثل النيكل ، والفضة ، والنحاس ، حيث تتميز هذه السبائك بتحملها للضغط العالي ، ومقاومتها للصدأ ، ويستخدم الكادميوم في الطلاء وخصوصاً طلاء صفائح الحديد ، كما يستخدم في طلاء الذهب لعمل مايعرف بالذهب الأخضر ، وللكادميوم إستخدامات أخرى في الكيمياء ومواد التصوير والفسفرة لأنابيب أشعة المهبط المستخدمة في التليفزيون ، ومن أهم البلدان المنتجة له كندا ، والمكسيك ، وأستراليا ، والمانيا ، والنرويج ، وجنوب غرب أفريقيا .

ـ الليثيوم : ويستخرج من البجماتيت والعروق المتكونة في درجات حرارة منخفضة ومن رواسب المتبخرات . يستخدم الليثيوم في صناعة السيراميك والزجاج ، إلا أنه يستعمل بكثرة في صناعة البطاريات . وأهم دولة منتجة له هي الولايات المتحدة الأمريكية .

ـ المغنيسيوم : ويستخرج من الينابيع الحارة ، وماء البحر ، والمجنيزيت ، والدولوميت ، والبروسيت ، ويعد المغنسيوم من أخف العناصر وهو قوي ويدخل في عمل سبائك خفيفة تستعمل بكثرة في صناعة الطائرات ، والآلات المتحركة والمجاهر ، والزجاج ، وأدوات المساحة ، وأجنحة الطائرات ، وسفن الفضاء .

ـ الزئبق: ويستخرج من السينابار ، والميتاسينابار ، والكالوميل ، والزئبق الحر ، ويستخدم الزئبق بكميات كبيرة في تغطية الذهب والفضة ، وهو مايعرف بالملغمة (Amalgamation) . والزئبق سائل في درجات الحرارة العادية لذا فله الكثير من الصفات الفيزيائية والكيميائية .

يستخدم الزئبق في صناعة الأجهزة الكهربائية ، والصيدلانيات ، وبطاريات الخلايا الجافة ، والترموسترات ، وجراحة الأسنان ، واللمبات الغازية ، وتعد أسبانيا ، وإيطاليا ،وبيرو ، وكاليفورنيا أهم الدول المنتجة له .

ـ التنتاليوم والنيوبيوم : ويستخرجا من السيانيت النفليني والكربوناتيت ، وهما من العناصر النادرة التي تستخدم في التقنية الحديثة ، مثل صناعة الإلكترونيات والاستخدامات الكيميائية ، والإستعمالات النووية .

تحتل البرازيل المرتبة الأولى حيث إنها تمتلك أكبر إحتياطي من النيوبيوم في العالم يليها أوغندا ، ونيجيريا ، وكينيا ، وزائير ، وكندا ، والولايات المتحدة الأمريكية .

ـ التيتانيوم : ويستخرج من معادن الألمينيت والروتيل الموجودة في الصخور النارية ، وتستخدم أكاسيد التيتانيوم في الأصباغ ، والحبر الأبيض ، والزجاج الملون . تمتلك الولايات المتحدة الامريكية أكبر إحتياطي من الإلمنيت وفي استراليا تستخرج أكاسيده من الرمل الأسود .

ـ الزركونيوم : ويستخرج من الباديليت ويدخل في صناعات كيميائية هامة مثل أنابيب المفاعلات النووية ، كما أنه يعد من الأحجار شبة الكريمة ، ويستخدم أيضاً كعازل للحرارة والكهرباء .

ومن الدول المنتجة للزركونيوم أستراليا ، والبرازيل ، وتايلند حيث يوجد مع الإلمنيت ، والروتيل ، والمونازيت في الشواطئ الرملية ، كما يوجد أيضاً في شواطئ فلوريدا ، وجورجيا بالولايات المتحدة الأمريكية.

*** عناصر قليلة الوجود وقليلة الإستخدام :** وتشمل كل من السيزيوم ، والجاليوم ، والجرمانيوم ، والأنديم ، والميزوثوريوم ، والنيوديوم ، والرينيم ، والروبديم ، والثاليوم ، واليورانيوم.

● المعادن اللافلزية

تستخدم المعادن اللافلزية بالحالة التي تستخرج عليها أي بدون فصل عناصرها الأولية . وتعتمد قيمتها الإقتصادية عادة على قيمة إمكانية استخراجها محلياً إذ كثيراً ما تفوق تكلفة نقلها إلى أماكن بعيدة قيمة الخام نفسة . ولاتخضع الرواسب المعدنية اللافلزية لأي تقسيم مثل المعادن الفلزية ، فقد يتكون الخام بأكثر من طريقة ، وكثيراً ما تحتوي على أكثر من عنصر أو أكثر من معدن . ومن هنا كان التقسيم المقبول لها هو ذلك المبنى على الغرض المستخدم فيه الخام . ومن المعادن والمواد اللافلزية .

ـ الفحم : وينقسم الى أربع رتب هي ـ حسب جودتها ـ الأنثراسيت ، والبيتومينس ، والليجنيت ، والبيت ، و ينتشر الفحم بكثرة في القشرة الأرضية ، وقد يكفي الإحتياطي منه لمئات السنين .

عرف الفحم في الأزمنة القديمة فاستعمل كوقود في البيوت ، ثم راجت تجارته في القرن الثالث عشر ، وأستخدم كوقود للمحركات في القرن الثامن عشر فنشطت مناجمه . وأهم الدول ذات الإحتياطي الكبير من الفحم هي : روسيا ، والولايات المتحدة الأمريكية ، وبعض الدول الآسيوية ، وكندا ، والمكسيك ، وغرب أوربا ، وافريقيا .

ـ المعادن الصناعية :وهي متنوعة وتشتمل على الطين ، والفلسبار ، والبوكسيت ، والفوسفات ، ومعادن المنجنيزيت ، ومعادن البنتونيت ، الباريت ، ومعادن البوتاس ، والتلك ، والبايروفيليت ، والداياتوم ، والرمل الزجاجي ، والجرافيت .

ـ أحجار الزينة ومواد البناء : وتشمل الجرانيت ، والحجر الجيري ، و الرخام ، ومواد الأسمنت ، والجبس ، وغيرها وتستخدم بصفة أساس في عمليات البناء.



الرواسب المعدنية النارية والمتحولة

د. جمعة عبد الرحيم العلاوي

قبل الدخول في الحديث التفصيلي عن الرواسب المعدنية ـ نارية أو متحولة ـ لابد من إلقاء نظرة سريعة على وجود وانتشار العناصر في الطبيعة ، فالكون يتركب من النجوم والغمام السديمي والغبار الكوني ، وتقتصر معلوماتنا عن وجود المعادن على مصدرين هامين هما : تحليلات طيف الضوء الصادر من النجوم والسديم خاصة في المواد الغازية والطيارة ، وتحليل المواد المكونة للنيازك بالطرق الجيوكيميائية وذلك للتعرف على كمية العناصر الغازية (غير الطيارة)

ومن أهم هذه العناصر النيازك الغضروفية (Condrite) ،حيث افترض أنها تمثل المواد التي تجمعت من الكواكب التابعة للنظام الشمسي وهي مركبة أساساً من معادن السيليكات وتحتوي على حبيبات صغيرة من الأوليفين والبيروكسين تسمى غضاريف (Condrules) .

ولمعرفة الإطار الجيولوجي لدراسة المعادن والتعرف على أنواعها وطريقة تكونها يتحتم علينا أن نعطي نبذة مفيدة عن البيئة الجيولوجية التي وجدت فيها . لذا فإنه من الضروري إجراء دراسة سريعة ومكثفة عن ماهية الصخور النارية والمتحولة التي تتكون من اجتماع واحداً أو أكثر من هذه المعادن على هيئة تجمعات صخرية تكونت من أصل مشترك.

الصخور النارية والصهير

عندما نتحدث عن الرواسب المعدنية النارية لابد من الكلام عن الصهير (Magma) وهو عبارة عن كتلة من المواد المائعة أو الصخور المصهورة ذات الحرارة العالية والتي تنتج عن الانصهار الجزئي الانتقائي لمواد وشاح الأرض العلوي (Upper Mantle) الذي يقع تحت القشرة الأرضية مباشرة .

عند صعود الصهير خلال القشرة الأرضية فإنه يبرد بانخفاض درجة حرارته ، وانخفاض الضغط الواقع عليه من تأثير ثقل العمود الصخري الموجود فوقه ثم يتبلور الصهير فتنفصل من جراء تبلوره جميع المعادن المكونة للصخور النارية ، فإذا اكتمل تبلور الصهير وتصلده على عمق معين تحت سطح الأرض فإنه يكوِّن الصخور النارية الجوفية ـ صخور خشنة كبيرة الحبيبات تتكون تحت القشرة الأرضية على عمق كبير من جوف الأرض فوق طبقة الوشاح مباشرة ـ مثل الجرانيت والجرانوديورايت والجابرو والنورايت والديورايت والمنزونايت والدونايت والبيريدوتايت . أما إذا خرج الصهير الصاعد فوق سطح القشرة الأرضية من خلال الشقوق والبراكين مثلاً ثم برد بسرعة نسبية وتبلورت معادنه فوق السطح وتصلدت فإنه يكون الصخور النارية السطحية (البركانية) مثل البازلت والأنديزايت والتراكيت والريولايت ، وهي صخور دقيقة أو مجهرية الحبيبات . أما إذا تصلب الصهير الصاعد وكان تبلوره وسطاً بين هذا وذاك فإنه يكون الصخور تحت السطحية ، وهي صخور ذات نسيج خاص يسمى النسيج البورفيري أو الديابيزي ، ويتكون هذا النسيج من بلورات كبيرة في أرضية من البلورات الدقيقة كما في الأنديزايت البورفيري والبازلت البورفيري والديابيز .

وتنفصل المعادن أولاً بأول حسب درجة حرارة انصهارها أو تصلدها ودرجة تركيزها في السائل الصهيري ، شكل (١) . لذلك فإن المعادن التي تتبلور مبكراً أو تنفصل أولاً من الصهير المتبلور هي المعادن الداكنة ذات درجة الانصهار العالية ، ثم بعد ذلك تنفصل المعادن ذات درجة الانصهار التي تليها ، فالتي تليها ، وهكذا حتى يتكون آخر عضو من الصخور النارية الحقيقية مثل الجرانيت .

الرواسب المعدنية النارية

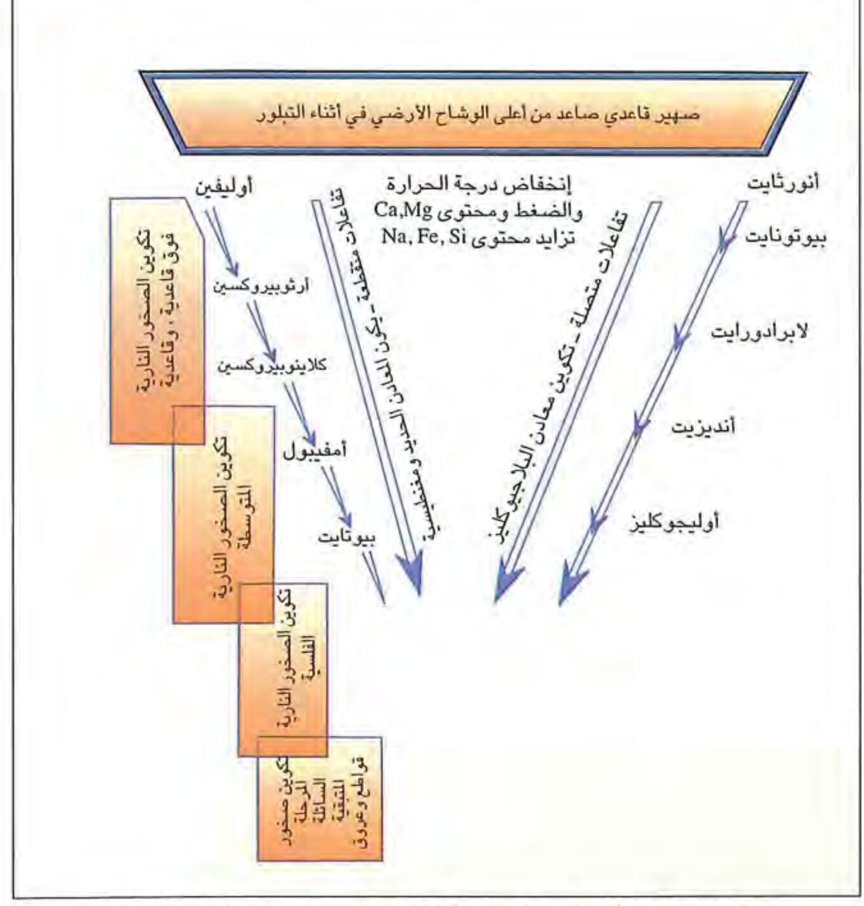
تصنف الرواسب المعدنية النارية حسب تكوينها إلى عدة أنواع من أهمها ما يلي :

● رواسب الخامات الصهيرية المبكرة

رواسب الخامات الصهيرية المبكرة عبارة عن تركيزات تكونت بوساطة العمليات النارية ، مثل: التمايز ، والتفارق الصهيري ، والتبلور التجزيئي للصهير الذي ينتج عنه الأنواع المختلفة من الصخور النارية الجوفية والبركانية السطحية ، وتتكون الخامات على عدة هيئات منها :

* **هيئة مشتتة :** وتظهر بين حبيبات معادن الصخر الناري كما هو الحال في الماس الذي يوجد مشتتاً بين نوع خاص من صخور البيريدوتايت فوق القاعدية (صخر الكمبرلايت) .

* **هيئة كتلية :** وتتشكل بسبب هبوط البلورات إلى أسفل تحت تأثير الجاذبية كما هو الحال في الصخور النارية القاعدية ذات اللزوجة المنخفضة مثل رواسب الكرومايت ($Fe\ Cr_2\ O_4$)



● شكل (١) التبلور التجزيئي للصهير البازلتي وتكوين الصخور النارية الجوفية .

والبلاتين المتطابقة في معقد البوشفلد في جنوب أفريقيا، وقد يعطي التبلور الأولي للصهير القاعدي سائلاً متبقياً غنياً بالحديد والتيتانيوم (المجنتايت والالمينايت) الذي يتبلور بين حبيبات معادن الصخر السيليكاتية على هيئة رواسب كتلية .

● رواسب عدم الامتزاج الكبريتيدي

تتشكل رواسب عدم الامتزاج الكبريتيدي من طرد الصهير السيليكاتي القاعدي ـ ذو محتوى كبريتي عالي ـ لسائل (أو طوراً من سائل) كبريتيدي لا يمتزج، فيشكل عند تصلده خامات معادن مشتتة أو كتلية من النحاس والنيكل تحتوي على بيروتايت، وبنتلاندايت، وكالكوبيرايت ($Cu\ Fe\ S_2$) مع معادن البلاتين والذهب والفضة والتيلوريوم والسيلينيوم ومعادن صخور الكربونات .

● رواسب البيجماتيت

تتشكل رواسب البيجماتيت من تبلور السائل الصهيري الحامضي المتبقي ـ بعد انفصال المعادن ـ النارية ـ الذي يحتوي على نفس المعادن (الكوارتز، الميكروكلين، المسكوفايت، والألبايت) المكونة للجرانيت، ولكن بكميات أقل وأحجام أكبر لبلوراته .

توجد رواسب البيجماتيت على هيئة أجسام وقواطع رأسية متداخلة ترتبط عائلياً ومكانياً بالكتل الضخمة من الصخور النارية الجوفية خاصة كتل الجرانيت . وتتكون هذه الرواسب من معادن الكوارتز والفلسبار البوتاسي والبلاجيوكليز الصودي (الألبايت)، والميكا (المسكوفايت والبيوتايت)، وهي ذات أحجام بلورية ضخمة، وقد عثر على أكبر البلورات ـ تزن عدة آلاف من الأطنان ـ في بيجماتايت كاريليا في جمهوريات الكومنولث المستقلة (روسيا)، وهي بلورة من الفلسبار البوتاسي (ميكروكلين)، كما وجدت كذلك بلورات من الميكا (مسكوفايت) يصل قطرها إلى ٣٠ متر، وبلورات من الكوارتز تزن الواحدة منها عدة آلاف من الكيلو جرامات .

وقد يحتوي البيجماتايت على الجارنت والتورمالين، والألبايت، والليبيدولايت، والتورمالين الثمين أي البيريل ($Be_3\ Al_2\ Si_6\ O_{18}$)، والصبودمين الغني بعنصر الليثيوم (Li)، والأمبليجونايت والتوباز، والأباتيت، والفورايت .

وقد يحتوي بعض البيجماتايت على معادن نادرة مثل التريفيلايت، (PO_4,Mn,Na,Li)، وكولومبايت (Nb,Mn)، ومونازايت (Th, Y,La, Ce)، ومولبدينايت (S,Mo)، ومعادن حاملة لليورانيوم، وقد وجدت بلورات ضخمة من الصبودومين يتجاوز طولها ١٣ متراً في بلاك هيلز بساوث داكوتا، وبلورات من البيريل طولها ٩ أمتار وقطرها ٢ متراً في ألبانيا بولاية مين في الولايات المتحدة . وأحياناً يكون البيجماتايت غنياً بالمعادن النادرة خاصة النيفيلين والزركون والتيتانيوم، والعناصر الأرضية النادرة الأخرى .

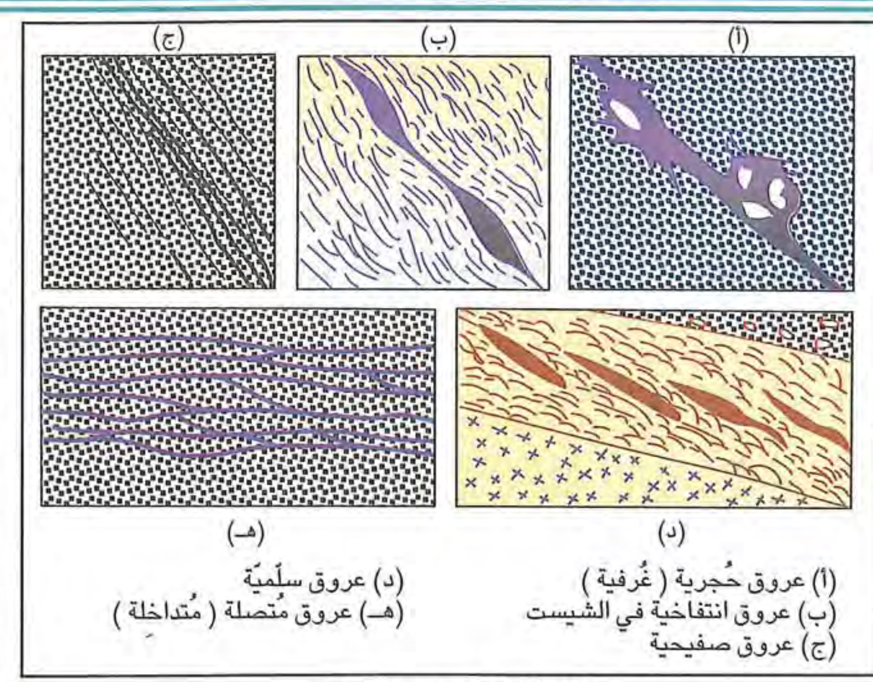
يكثر وجود البيجماتايت في الملكة العربية السعودية في مناطق الصخور النارية الفلسية (غنية بالفلسبارات) خاصة الجرانيت .

● رواسب المحاليل الحارة

المحاليل المائية الحارة عبارة عن خليط من محاليل حارة منبعثة من الصهير ومحاليل مائية (مياه جوفيه وجوية ناتجة عن جريان مياه الأمطار)، ومعادن ذائبة، تشكل عند تصلدها رواسب أو عروق ذات أهمية اقتصادية كبيرة .

تحمل المحاليل الحارة الكثير من العناصر وترسب معادنها في الصخور المسامية المنفذة ولتعطي أنظمة مختلفة من خامات العروق مثل خامات الذهب والولفرامايت والشيلايت، والبيروتايت، والبنتلاندايت، والبيرايت، والأرسينوبيرايت، واللولنجايت، والكالكوبيرايت، والسفاليرايت، والجالينا، والكاسيترايت، والبزموثينايت، واليورانينايت، وزرنخيدات الكوبلت، والنيكل .

تتشكل العروق على هيئة أجسام عدسية أو مسطحة تكونت عن طريق امتلاء الشقوق والكسور بالمعادن . وتعتمد هذه العروق على نوع الشقوق وعلى خواص المضيف، وهي قد تكون منتظمة ومرتبة وضيقة في صخر قوي ومتجانس كالجرانيت والنايس، أو على هيئة نطاق من العروق المتداخلة الضيقة في صخر قابل للتكسر والتفكك تحت تأثير الضغط



(أ) عروق حُجرية (غُرفية)
(ب) عروق انتفاخية في الشيست
(ج) عروق صفيحية
(د) عروق سلّمِيّة
(هـ) عروق مُتصلة (مُتداخلة)

● شكل (٢) أنواع العروق الشقية

مثل الإردواز والشيست ، أو غير منتظمة للغاية في صخر قابل للذوبان بسهولة مثل حجر الجير ، شكل (٢) .

وتنتج معادن العروق من ترسيب المعادن الذائبة من المحاليل المائية الحارة ، ومن أمثلة هذه العروق الحارة تلك المجاورة لصخر الجرانيت الجوفي في كورنوول ـ إنجلترا التي تحتوي على الكوارتز ، والميكا ، والتورمالين ، والولفرامايت ، والستانايت ، والكاسترايت ، والموليبدينايت، ويوجد عرق في مقاطعة تنتيك بولاية يوتا الأمريكية يحيط بالجرانيت داخل حجر الجير يحتوي على البيرايت والأنارجايت والتيتراهيدرايت والجالينا ، كما تنتشر هذه العروق في كثير من مناطق الدرع العربي في المملكة العربية السعودية .

ومع وجود معادن الخامات ذات الفائدة الاقتصادية مثل الذهب والمركبات المحتوية على الفلزات كالنحاس والزنك والماجنيتايت وكبريتيدات النحاس يوجد في العروق أيضاً معادن ليس لها قيمة اقتصادية كبيرة تسمى شوائب أو معادن غثة (Gangue Minerals) تستخدم في الصناعة أو كنواتج ثانوية تستخدم كما هي على صورة معادن مثل الكاولين والماس والجرافيت والجرانيت والكوارتز.

ومن الجدير بالذكر فإنه بالإضافة إلى خامات الرواسب المعدنية السابقة فإن الصخور النارية الجوفية والسطحية تحتوي على مقادير متفاوتة من المعادن الإضافية التي قد تشكل الخامات المعدنية الإقتصادية للعناصر الفلزية . وتوجد هذه المعادن على هيئة أجسام منعزلة من الكرومايت والماجنتايت والهيماتايت

الفلز	متوسط تركيزه في صخور القشرة الأرضية (ج/طن)	الإشباع الضروري لتكوين خام معدني (ج/طن)
الألمنيوم	٨١٢٠٠	٤
الحديد	٥٠٠٠٠	٥
التيتانيوم	٤٤٠٠	٧
المنجنيز	٩٥٠	٣٨٠
الفناديوم	١٣٥	١٦٠
الكروميوم	١٠٠	٣٠٠٠
النيكل	٧٥	١٧٥
الخارصين	٧٠	٣٥٠
النحاس	٥٥	١٤٠
الكوبالت	٢٥	٢٠٠٠
الرصاص	١٣	٢٠٠٠
القصدير	٢	١٠٠٠
اليورانيوم	١,٨	٥٠٠
الموليبدنوم	١,٥	٧٠٠
التنجستون	١,٥	٦٥٠٠
الزئبق	٠,٠٨	٢٦٠٠٠
الفضة	٠,٠٧	١٥٠٠
الذهب	٠,٠٠٤	٢٠٠٠

* جدول (١) متوسط تركيز الفلزات في صخور القشرة الأرضية والإشباع اللازم لتكوين رواسب خام لبعض العناصر بالجرام في كل طن .

والإلمينايت والأكاسيد الأخرى ، وكذلك الأباتيت ، والتيتانايت والبيروتايت ، والجارنت ، والروتايل ، والكورندم ، والبيرايت ، والكالكوبيرايت والبنتلاندايت ومعادن الكبرتيدات الأخرى وسائر المعادن ، ورواسب الخامات ذات الأصول النارية .

وهناك تباين كبير بين تركيز هذه العناصر في القشرة الأرضية وتوزيعها ولكن ذلك التركيز لا يدل على كفاءتها كركازات معدنية ذات قيمة اقتصادية يمكن تعدينها بربح معين . لذا يستوجب الأمر بأن يتركز الفلز عن طريق العمليات الجيولوجية مثل تبلور الصهير إلى كميات مفيدة اقتصادياً مثل ركازات الذهب ، وبذلك يمكن أن يطلق عليها اسم خامات (Ores) أي رواسب خامات معدنية اقتصادية ، جدول (١) .

الصخور المتحولة

تتكون الصخور المتحولة(Metamophic rocks) من صخور سابقة (نارية أو رسوبية) نتيجة التغير النسيجي أو البنائي أو المعدني الكيميائي تحت تأثير عوامل التحول ـ تغير درجة الحرارة والضغط والإجهاد وإضافة مكونات جديدة ـ حيث يحدث للصخر المتحول إما إعادة تبلور ، أو تفاعلات كيميائية مع ثبات التركيب الكيميائي الأصلي (تحول متساوي الكيميائية)، أو تفاعلات كيميائية مع إضافة مكونات أخرى ـ آتية من المحاليل على مواد الصخر الأصلي ـ وعدم ثبات التركيب الكيميائي الأصلي ، ويسمى التحول هنا بالتحول التام (Metasomatism) .

رواسب الصخور المتحولة

هناك عدة أنواع من الرواسب غير الفلزية تتكون نتيجة للتحول الإقليمي (ارتفاع درجة الحرارة والضغط) حيث تتعرض المعادن الأصلية إلى إعادة تبلور ، وإعادة تكوين بسبب إضافة الماء وثاني أكسيد الكربون والسيليكون ، وعدة مركبات ومكونات أخرى .

ويمكن توضيح أهم أنواع الرواسب المعدنية التي تتكون على هيئة صخور متحولة فيما يلي :

رواسب السربنتين

تتكون رواسب السربنتين [$Mg_6 (SiO_{10})(OH_8)$] من تحول معادن سيليكات المغنيسيوم المائية كالأوليفين، والبيروكسين، والأمفيبول. ويتواجد السربنتين مصاحباً للماجنيتيت، والكروماتيت والمجانيزيت في الصخور المتحولة.

يضم السربنتين عدة معادن (منها الانتيجوريت والكريزوليت)، وتتشكل رواسبه على هيئة ألياف يتراوح طولها بين ١٠ و١٢ سنتيمتر، وقد تكون متقاطعة أو طولية موازية للجدار، أو على هيئة ألياف قطنية طويلة متشابكة غير موجهة أو شبه مستديرة.

الجرافيت

يوجد الجرافيت ـ نوع من الكربون الأسود الرصاصي ـ على هيئة متبلورة أو غير متبلورة (عديمة الشكل)، ويتميز بأنه أملس ذو ملمس صابوني يُعلم على الورق باللون الأسود، ويوجد الجرافيت أساساً في صخور الرخام والماس والشيست والكوارتزايت وطبقات صخور الفحم المتحولة، كما يوجد أيضاً في الصخور النارية والعروق النارية المتحولة وقواطع البيجماتايت.

تتشكل معظم أنواع الفحم المتبلورة على هيئة رقائق صغيرة مشتتة في الصخور المتحولة. أما الأنواع عديمة التبلور فتتشكل على هيئة حبيبات تشبه الغبار.

التالك (صخر الصابون)

يشبه التالك [$Mg_3 (Si_4 O_{10}) (OH)_2$] السربنتين من حيث تكونه نتيجة تحول معادن سليكات المغنيسيوم المائية كالأوليفين والبيروكسين والأمفيبول.

يتميز التالك بألوان مختلفة فمنه الأبيض، والأخضر التفاحي، والرمادي، والأبيض الفضي، كما يتميز بشكله المتصفح وملمسه الصابوني الناعم لذلك يسمى التالك بحجر الصابون (Soapstone).

يتشكل النوع النقي من التالك (الستيتايت) على هيئة معدن كتلي ناعم مضغوط، بينما يتشكل حجر الصابون على هيئة معدن ناعم رخو يتكون بصفة أساس من التالك بالإضافة إلى معادن الكلورايت والسربنتين والمجنيزايت والأنتيجورايت والأنستاتايت.

توجد رواسب التالك وحجر الصابون في الصخور النارية فوق القاعدية المتحولة أو في أي حجر الجير الدولوميتي، ولذلك فإن وجودها يقتصر على الصخور التابعة لما قبل الكامبري. وتأتي أجود أنواع التالك من حجر الجير الدولومايتي المتحول، ويوجد عادة مصاحباً لمعادن التريمولايت والأكتينولايت، وتأخذ هذه الرواسب عادة شكل عدسي يصل عرضها إلى حوالي ٤٠ متراً، وقد يوجد التالك مصاحباً للشيست والنايس، والرواسب التي تصاحب الكتل فوق القاعدية.

سيليكات الألمنيوم

تتكون معادن سيليكات الألمنيوم ـ أهمها الكاينايت والأندالوسايت والسيليمينايت ـ تحت درجات حرارة عالية، وتختلف عن بعضها البعض في شكلها البلوري، وتستخدم كمواد حرارية أساساً، وفي أغراض الصناعات الخزفية.

تتكون رواسب الكاينايت من بلورات صغيرة ومشتتة في النايس والشيست، وقد يوجد الكاينايت على هيئة عديسات في قواطع البيجماتيت، وعلى هيئة كتل صغيرة في عروق المرو.

يوجد الأندالوسايت في الصخور الطينية المتحولة في البجماتايت، وعادة ما يكون مصحوبا بالتورمالين والجارنت والكوراندم والتوباز والكوارتز والمايكا، وقد يوجد على هيئة تفرقات غير منتظمة في كتل الكوارتز المكتنفة في شيست السيريسايت، أو على هيئة رواسب من الأندالوسايت تُشبع العروق يصل طولها إلى ١٠٠٠ متر تقريباً، ويمكن تتبعها إلى أعماق تصل إلى ٣٠ متر.

أما معادن السيليمينايت فتوجد على هيئة موشورات رقيقة في الصخور الألومينية المتبلورة، وتعد الولايات المتحدة وجنوب أفريقيا وكندا وموزمبيق وكينيا والهند من أهم البلدان المنتجة لهذه المعادن الحرارية.

راسب التحول التام بالتماس

تتكون الرواسب المتحولة أيضاً بوساطة التحول التام بالتماس (Contact Metasomatism) الناتج عن تأثيرات اقتران ارتفاع درجة الحرارة مع إضافة المواد الكيميائية الدخيلة الآتية من غرفة الصهير، مثل الماء، والسيليكا، وثاني أكسيد الكربون، مما يؤدي إلى تكوين رواسب معدنية مميزة ذات قيمة اقتصادية كبيرة ومن أمثلة ذلك يعد صخر السكارن (Skarn) الناتج العام من التحول التام لحجر الجير المغنيسي أو الدولومايت الغني بالسيليكا، ويميزه وجود معادن سيليكات الألمنيوم الكلسية مثل الولاستونايت، والفيزوفيانايت، ويمكن أن يحتوي على الجارنت مثل الأندرادايت.



شكل (٣) علاقة رواسب التحول التام بالتماس (المنطقة السوداء) بمتداخل ناري من المنزونايت، وبتركيب حجر الجير.

ونتيجة لهذه التغيرات تتكون هالة (Aureol) التحول بالتماس حول المتداخل الناري، حيث يختلف شكل وحجم هذه الحالة حسب حجم وشكل المتداخل الناري، وحسب تركيب وطبيعة الصخور المتأثرة بالتحول، ويعتقد أن تركيب الصخور المتأثرة بالتحول، مع وجود صدوع يؤثر على امتداد ووضع هالة التحول التام بالتماس حيث تميل الصخور الرسوبية إلى داخل المتكون، كما أن رواسب الخام تكون أكبر وأكثر توزيعاً ناحية الميل كما في الشكل (٣).

رواسب أخرى

تتكون في الصخور المتحولة رواسب أخرى مثل الجارنت (الألماندايت والرودولايت) التي تتشكل على هيئة معادن إضافية في معظم الصخور، ولكنها تكثر في الشيست وتتكون بالتحول الإقليمي والتحول بالتماس.

كذلك رواسب الأيميري، وهي خليط من الكوراندم والمجنيتايت مع الهيماتيات والسبينيل، وتتكون هذه الرواسب أساساً بالتحول بالتماس.



الخامات المعدنية في الصخور الرسوبية

د. عمر عساف الحربي

الخامات المعدنية (Ore Minerals) عبارة عن تجمعات معدنية ـ تشتمل على مادة أو أكثر ـ ذات فائدة اقتصادية ، إلا أن هذه الخامات تكون مصحوبة بنسبة عالية من الشوائب المعدنية عديمة الفائدة ، مما يستلزم عمليات تنقية لهذه الخامات المعدنية .

ويمكن تقسيم الخامات المعدنية إلى **خامات أولية** ، وهي الخامات التي تكون متزامنة في التكوين مع صخور الأصل ـ صخور نارية وصخور متحولة ـ ولم تتأثر بأي عوامل خارجية ، **وخامات رسوبية** ـ الخامات الثانوية ـ وتكونت نتيجة لتعرض صخور الخامات الأولية لعوامل التعرية المختلفة سواء الفيزيائية أو الكيميائية أو الاحيائية ، ومن ثم تم نقلها وتركيزها وترسيبها ، ومنها خامات الحديد ، و المنجنيز ، و الفوسفات ، و الفحم ، والكبريت ، واليورانيوم ، والذهب ، والجبس ، والأنهدرايت وغيرها من الخامات الرسوبية الاقتصادية الأخرى ، وسيتم في هذا المقال إلقاء الضوء على الخامات الرسوبية المعدنية وذلك كمايلي :

التجوية والخامات الرسوبية

تعد عملية التجوية (Weathring Process) إحدى الظواهر الجيولوجية الأكثر أهمية ، وذلك لأن نواتجها النهائية من الخامات الرسوبية، والتربة الصالحة للزراعة تعد من أهم مقومات الحياة البشرية .

تؤدي عمليات التجوية إلى تفتيت وإذابة الصخور السطحية ، وقد يصل مدى التجوية إلى ٢٥م أو أكثر ، إلا أنها تكون أشد تأثيراً في المنطقة التي توجد فوق منسوب الماء ، وهي عمليات تحدث نتيجة لعدم حدوث التوازن الكيميائي والفيزيائي للمعادن المكونة للصخور النارية والمتحولة التي تكونت في درجات حرارة وضغط عاليين ، فعندما تظهر هذه الصخور على السطح فإنها تتواجد في ظروف بعيدة عن الظروف التي تكونت فيها فتبدأ بالتوازن مع الظروف السطحية الجديدة ، وذلك بتجويتها كيميائياً ، وتنقسم التجوية الى ثلاثة أقسام ، هي : التجوية الفيزيائية ، والكيميائية ، والاحيائية ، وهي عمليات متداخلة مع بعضها حيث تساعد كل عملية على إتمام العملية الأخرى . وسوف يتم مناقشة التجوية الفيزيائية والكيميائية فقط في هذا المقال ، لما لهما من الأثر الأكبر والأهم في تجوية الصخور .

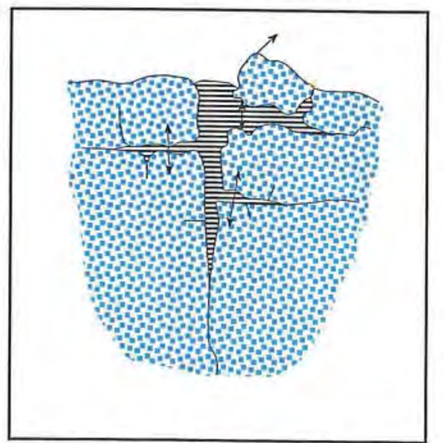
● التجوية الفيزيائية

تتم التجوية الفيزيائية (Physical Weathering) للصخور بطرق ميكانيكية ، وذلك بتكسير وتفتيت الصخور إلى أجسام صغيرة مع عدم حدوث تغيير كيميائي لهذه الصخور ، حيث تعمل على تحرر المكونات المعدنية للصخور بعدما كانت متماسكة ، وتكون التجوية الفيزيائية ذات أثر كبير في المناطق الجافة أو شديدة البرودة ، وتقسم عوامل التجوية الفيزيائية إلى عدة أنواع أهمها :

* **اختلاف درجة الحرارة والتجمد :** يؤدي الاختلاف الكبير بين درجات الحرارة في الليل والنهار في المناطق الصحراوية ـ تصل الى ٢٥ْ م ـ إلى حدوث تمدد وتقلص المعادن المكونة للصخور ، ونتيجة لإختلاف معاملات التمدد الحراري للمعادن ومع مرور الزمن تتكسر وتتفت الصخور إلى قطع صخرية صغيرة ، أو إلى مكوناتها المعدنية .

وفي المناطق الباردة تتخلل المياه السطحية في الشقوق وبين الحبيبات ، وعند تجمدها يصاحبها تمدد في الحجم بمقدار ٩٪ ، وبالتالي يحدث ضغط كبير على الصخور مما يؤدي إلى تفتيتها إلى قطع صخرية صغيرة ، شكل (١) .

* **نمو البلورات :** وهي إحدى عمليات التجوية الفيزيائية وتنتج عن نمو بلورات الملح الصخري وذلك عندما تتخلل مياه الأمطار للشقوق والمسامات الصخرية بعد إذابتها لكميات كبيرة من المواد القابلة للذوبان وخاصة في المناطق الصحراوية ، ويلي ذلك صعود جزء من هذه المياه إلى سطح الأرض بواسطة الخاصية الشعرية مما يعرض جزء كبير منها إلى التبخر ، وبالتالي زيادة تركيز المحلول حتى يصل إلى درجة التشبع ، وعندها يبدأ الملح الذائب بالتبلور ، مما يوّلد ضغوطاً كبيرة بين الشقوق والمسامات الصخرية تؤدي إلى تكسير وتفتيت الصخور .



● شكل (١) تاثير تجمد الماء على إتمام عمليات التجوية الفيزيائية .

● التجوية الكيميائية

التجوية الكيميائية (Chemical Weathering) هي عملية تحلل وتفكك الصخور والمعادن بفعل عمليات كيميائية معقدة ـ يدخل فيها الماء وثاني أكسيد الكربون والأكسجين ـ إلى مواد ذات تركيب كيميائي وخواص طبيعية مختلفة عن الصخر الأصلي ، وتكون أكثر تحملاً للظروف البيئية السائدة على سطح الأرض . وتختلف سرعة إستجابة الصخور والمعادن للتجوية الكيميائية إعتماداً على الظروف التي تكونت فيها ، شكل (٢) . ومن العوامل المهمة في إتمام عمليات التجوية الكيميائية وفرة الماء والغازات الذائبة من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون وبعض الأحماض مثل حامض الكبريت وحامض الفوسفور والأحماض العضوية الأخرى ، وتعد عمليات الأكسدة والذوبان والتميؤ والتحلل المائي من أهم التفاعلات الرئيسة التي تحدث في عمليات التجوية الكيميائية وذلك كما يلي :ـ

٭ الأكسدة (Oxidation) :وتحدث بسبب إحتواء كثير من المياه السطحية والجوفية على كمية كبيرة من الأكسجين الذائب الذي بدوره يتحد بالعناصر المكونة للمعادن والصخور ، وهو مايطلق عليه الأكسدة ، التي بدورها تؤدي إلى تغيير لون المعدن المؤكسد ، وتنشط في الجو الحار الرطب . ومن أمثلة التجوية الكيميائية ما يلي :ـ

ـ تحول اكسيد الحديدوز ذي اللون الرمادي بوجود الأكسجين إلي أكسيد الحديديك ذي اللون الأحمر(الصدأ) ، شكل (٣) .



● شكل (٣) تاثير التجوية الكيميائية (الأكسدة) على تغيير لون الصخور .

$$4FeO + O_2 \longrightarrow 2Fe_2O_3$$

ـ أكسدة معدن الأوليفين (Olivine) وتحوله إلى معدن هيماتايت ، وذلك من خلال التفاعل التالي :

$$\underset{\text{أوليفين}}{2Fe_2SiO_4} + O_2 \longrightarrow \underset{\text{هيماتايت}}{2\,Fe_2O_3} + 2\,SiO_2$$

٭ الذوبان (Solubility) : وهو من أسرع طرق عمليات التجوية الكيميائية ، وذلك لأن بعض الصخور وخاصة الجيرية لها مقدرة عالية على الذوبان في الماء ، وينتج عنها أيونات في الماء ، وتنشط عملية الذوبان نتيجة لإحتواء المياه على بعض العناصر الكيميائية الذائبة ، ومن أمثلة هذا النوع من التجوية مايلي :

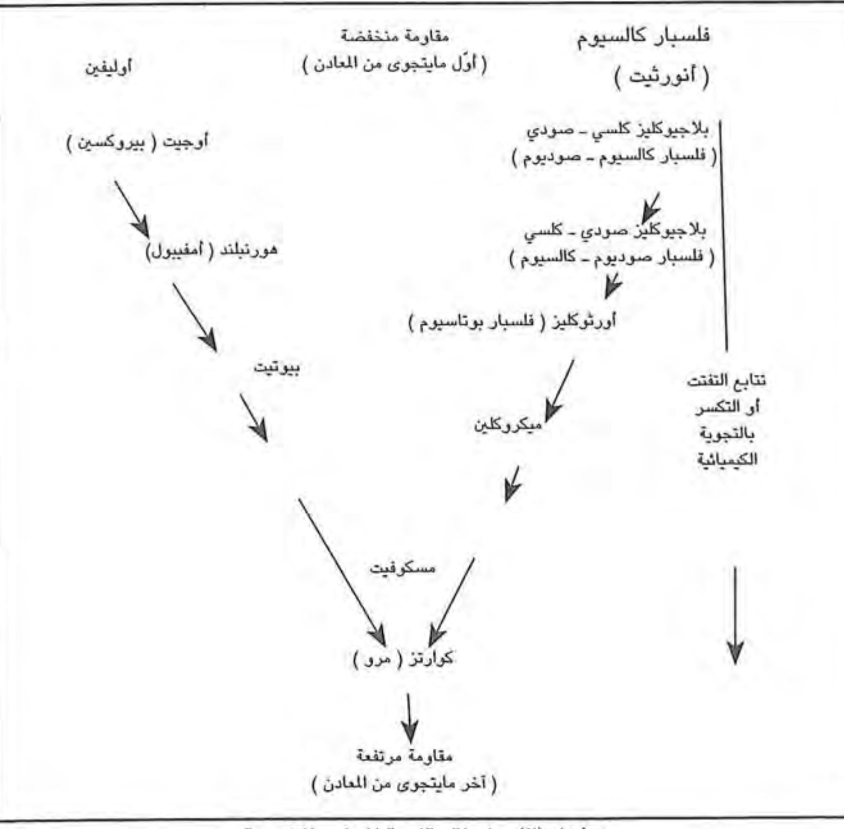
ـ ذوبان ثاني أكسيد الكربون مكوناً حامض الكربونيك (H_2CO_3) الذي يذيب الصخور الجيرية مكوناً محاليل بيكربونات الكالسيوم الذائبة في الماء.

$$H_2O + CO_2 \longrightarrow H_2CO_3$$

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

ومما يجدر ذكره أن جبل أبو مخروق بالملكة هو أحد نواتج التجوية الكيميائية بالإذابة .

٭ التميؤ (Hydration) : وهي عملية إتحاد الماء مع بعض المعادن مؤدياً إلى تكون المعادن المائية ، ويعد تحول معدن الفلسبار الموجود في الصخور الجرانيتية إلى معادن مائية (كاولين)، وأيضاً تحول معدن الأنهدرايت إلى معدن الجبس أمثلة على عمليات التميؤ الكيميائية .



● شكل (٢) سلسلة مقاومة المعادن للتجوية .

$$2KAlSi_3O_8 + H_2O + CO_2 \longrightarrow Al_2Si_7.2H_2O + 4SiO_2 + K_2CO_3$$

اورثوكليز — كاولين

$$CaSO_4 + 2H_2O \longrightarrow CaSO_4.2H_2O$$

انهيدرايت — جبس

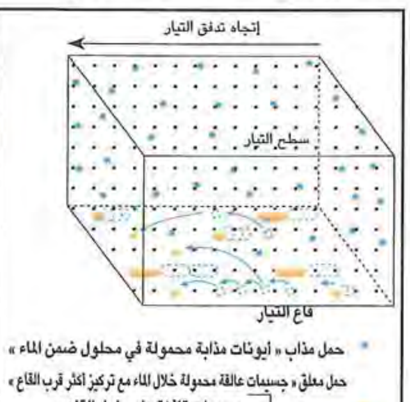
* **التحلل المائي (Hydrolysis)** : وهي عملية تحطم التركيب الذري للمعادن وتحرر العناصر المعدنية مما يؤدي إلى تحلل المركبات المعقدة إلى مركبات بسيطة مثل الأكاسيد والكربونات، وذلك نتيجة لملامسة هذه المعادن للماء لمدة طويلة.

نواتج التجوية

بعد تعرض الصخور السطحية (نارية، متحولة، رسوبية) إلى عمليات التجوية المختلفة (فيزيائية، وكيميائية، وإحيائية) فإن نواتج التجوية تكون عبارة عن مواد ذائبة أو غروية تنتقل مع الماء الجاري، أو فتات صخري أو معدني غير قابل للذوبان، فتبقى في مكانها، أو تنقل إلى مسافات بعيدة عن مصدرها بواسطة عمليات النقل المختلفة (ماء، هواء) حسب ماهو موضح في شكل (٤)، بعد ذلك تترسب هذه المواد الذائبة والغروية والفتاتية مكونة الصخور الرسوبية التي يصاحبها تركيز لبعض الخامات المعدنية الرسوبية، وتختلف طرق الترسيب كما يلي:

● الترسيب الميكانيكي

الترسيب الميكانيكي هو الترسيب الذي يتم بفعل ضعف التيار الناقل (هواء، ماء) وبالتالي قلة سرعته. ويتحكم في معدل



● شكل (٤) طرق نقل نواتج التجوية.

سرعة الترسيب الميكانيكي عدة عوامل منها حجم وأشكال حبيبات المواد المعدنية والصخرية، والوزن النوعي للمعادن، وسرعة التيار، بالاضافة إلى كثافة ودرجة حرارة ولزوجة المواد المحمولة.

● الترسيب الكيميائي

يقصد به ترسب المواد والعناصر المذابة في الماء وذلك بسبب حدوث تغيرات كيميائية للوسط الناقل بحيث تصبح هذه المعادن (الأيونات) أقل ذوبانية، وبالتالي تتشبع هذه المحاليل وترسب المواد المذابة فيها، وهناك عدة عوامل تؤثر على عمليات الترسيب الكيميائي، من أهمها طبيعة المحلول المذيب، فمثلاً يترسب الحديد والمنجنيز وذلك بفقد ثاني أكسيد الكربون من محاليل حامض الكربونيك (بيكربونات)، وأيضاً يترسب الحديد والمنجنيز من محاليل الكبريتات، وذلك بتفاعلها مع كربونات الكالسيوم بالاكسدة.

● الترسيب الكيموحيوي

يتم الترسيب الكيموحيوي بمشاركة أنواع مختلفة من الكائنات الحية مثل بكتيريا القاليونيلا (Gallionella Chraceae) الذي يعمل على ترسيب أكسيد الحديديك عن طريق أكسدة الحديد.

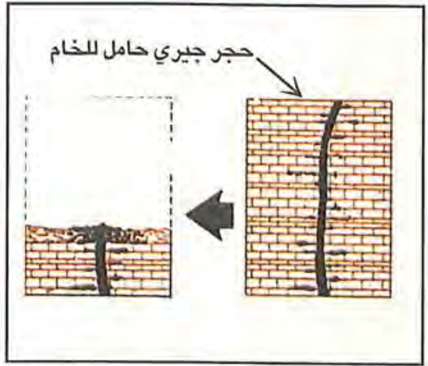
أنواع الخامات الرسوبية

تنقسم الخامات الرسوبية إلى نوعين على أساس النواتج النهائية لعمليات التجوية المختلفة، حيث ينتج النوع الأول من تراكم وترسيب الخامات المعدنية المتبقية، أما النوع الثاني فيتكون نتيجة للترسيب الكيميائي والكيموحيوي للمحاليل الكيميائية والغروية، ويمكن تفصيل ذلك كمايلي:

● خامات التجوية المتبقية

خامات التجوية المتبقية (Weathering Residual Ores) هي خامات نتجت عن تجوية (فيزيائية، كيميائية) الخامات الأولية في الصخور النارية أو المتحولة أو الرسوبية، ومن ثم ترسبت نواتج التجوية في موقعها أو نقلت إلى أحواض الترسيب، ويمكن تقسيمها إلى نوعين حسب التجوية:

* **الخامات الرسوبية المتبقية (Residual Sedimentary Ores)**: وهي خامات تنتج من تراكم الخامات المعدنية



● شكل (٥) تكون الخامات الرسوبية بطريقة التركيز المتبقي.

بالقرب من مصدرها، وتلعب التجوية الكيميائية دور كبير في نشأتها بعد تفتيتها بالتجوية الفيزيائية، ويتطلب لتكون هذه الخامات مايلي:

- أن تكون صخور المصدر حاملةً لخامات المعدن.
- أن تكون الخامات قليلة الذوبان.
- توفر جو حار ورطب لتتم فيه التجوية.
- أن تكون تضاريس المنطقة المجواة غير حادة بحيث تسمح بتجمع الخامات الرسوبية.

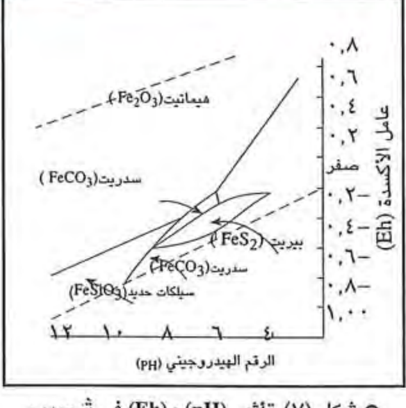
ومن أمثلة خامات الرواسب الرسوبية المتبقية رواسب الحديد والمنجنيز والبوكسايت ورواسب خامات النيكل، شكل (٥).

* **الخامات الرسوبية الميكانيكية (Placer Sedimentary Ores)** : وتحتوي الكثير من الصخور النارية والمتحولة والرسوبية على نسبة لاتتجاوز ١٪ من المعادن الثقيلة (الوزن النوعي أكثر من ٢٫٨٥)، وذات مقاومة عالية لمختلف عمليات التجوية، ومن هذه المعادن الثقيلة ذات القيمة الإقتصادية الذهب، واليورانيوم، والبلاتين، والجارنت، والتورمالين، والتوباز، والمونازيت، والماجناتيت، والألماس.

وعند تجوية الصخور الحاملة لهذه المعادن الثقيلة فإنها تتركز بكيمات كبيرة مكونة خامات رسوبية اقتصادية، ويتم التركيز إما بفعل الماء الجاري أو بفعل الرياح والجاذبية. وتنقسم هذه الرواسب على أساس طرق الترسيب إلى رواسب شاطئية، ورواسب رياحية، ورواسب وديانية، شكل (٦).



● شكل (٦) رواسب المراقد الشاطئية (Placer) في متكون الساق ـ منطقة القصيم .



● شكل (٧) تأثير (pH) و(Eh) في ترسيب الأنواع المختلفة من الحديد.

● خامات المحاليل الكيميائية والغروية

تنتج هذه الأنواع من الخامات من ترسب المواد الذائبة والغروية من المحاليل المائية الحاملة لها ، وذلك بزيادة تركيز هذه المحاليل عن طريق التبخير ، ويؤدي هذا إلى تشبعها بالمواد الذائبة ، ومن ثم ترسيبها على هيئة خامات معدنية، أو أن تكون الظروف الكيميائية ـ مثل الرقم الهيدروجيني (PH) وعامل الأكسدة (Qxidation Potential-Eh)، مناسبة لترسيب العناصر الذائبة والعالقة ، ومن أهم العناصر المذابة في المحاليل : الصوديوم ، والبوتاسيوم ، والمغنيسيوم ، والكالسيوم ، والحديد .

وعلى سبيل المثال ينقل عنصر الحديد خلال مياه الأمطار على هيئة محلول من أكسيد الحديديك ، ويساعد على تثبيته مواد غروية عضوية تحمل شحنات موجبة ، وتستطيع هذه الغرويات أن تنقل هذه المواد لمسافات بعيدة دون أن تترسب طالما أن تركيز المواد المساعدة على التحلل الكهربائي (Electrolytes) ضعيفة ، وطالما أنه لاتوجد مواد غروية ذات شحنة سالبة .

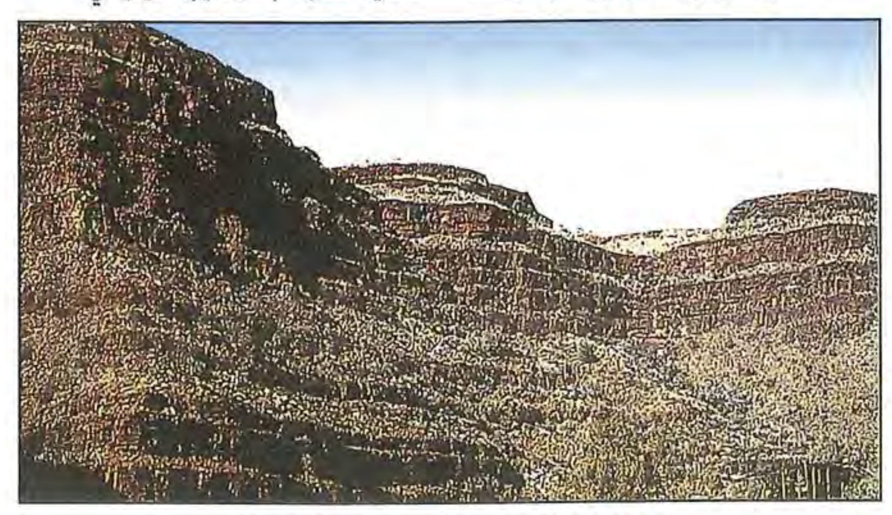
وعند إختلاط هذه المحاليل المشبعة بعنصر الحديد فإنها تتعادل شحنتها وتترسب ، ومن أمثلة الخامات الرسوبية المترسبة من المحاليل الكيميائية أو الغروية خامات الحديد ، الكربونات ، المنجنيز ، الفوسفات ، الكبريت ، اليورانيوم وغيرها .

* **خامات الحديد :** وهي خامات من الممكن أن تتكون بأي طريقة من الطرق التي سبق شرحها سواء من تراكم نواتج التجوية (Residual) أو عن طريق تجمع المعادن المحتوية على الحديد بالطرق الفيزيائية (Placer) ، أو عن طريق الترسيب الكيميائي أو الكيمو أحيائي . ويتواجد الحديد في عدة مركبات فهو يوجد على هيئة أكاسيد مثل معدن الهيماتيت (Fe_2O_3) ومعدن المجناتيت (Fe_3O_4) ، أو على هيئة كبرتيدات مثل معدن البيريت (Fe_2S) ، أو على هيئة الكربونات كمعدن السدرايت ($FeCO_3$) ، ويعد الرقم الهيدروجيني (PH) ، وعامل الأكسدة (Eh) من أهم العوامل التي تتحكم في تكون هذه المركبات الحديدية ، شكل (٧) .

وتعد رواسب اللترايت (Laterite) إحدى مصادر خام الحديد حيث تصل نسبة الحديد فيها إلى ٥٠٪ ، وتتكون رواسب اللترايت نتيجة للتجوية الكيميائية للصخور الحاملة لمعدن الحديد مثل الصخور النارية القاعدية وصخور السربنتين والحجر الرملي الحديدي .

كما يمكن أن تشكل رواسب المراقد الفتاتية (Placer) إحدى مصادر خام الحديد ، وذلك لأن الكثير من هذه الرواسب يحتوي على معادن يدخل في تركيبها المعدني الحديد مثل الماجنيتيت والألمانيت ، حيث تلعب التجوية الفيزيائية والكيميائية دوراً كبيراً في تركيز هذه المعادن لما لها من مقاومة عالية ضد عوامل التجوية المختلفة ، وتتكون خامات الحديد كذلك من الترسيب الكيميائي والكيموأحيائي بواسطة بكتيريا الحديد .

ومن أهم أمثلة خامات الحديد المتبقي هو الحديد المتواجد في منطقة بيلباو في شمال أسبانيا حيث تبلغ نسبة الحديد ٥٧٪ ، كذلك في سانتياجو في شرق كوبا حيث تبلغ نسبة الحديد فيه ٥٠٪ ، وخام الحديد الرسوبي في غرب أستراليا، شكل (٨)، كذلك يعد خام حديد كلينتون في ولاية آلاباما الامريكية إحدى أنواع خامات الحديد المتكونة بالترسيب الكيميائي.



● شكل (٨) خام الحديد الرسوبي ـ غرب إستراليا .



● شكل (٩) خامات البوكسايت في استراليا .

* **خامات البوكسايت (Bauxite) :** وهي إحدى نواتج التجوية الكيميائية المتبقية (Residual) للصخور الغنية بالسيليكات الألومونية مثل صخور السيانايت والنايس والبازلت والحجر الجيري الطيني ، حيث يتم تجويتها في المناطق الحارة والرطبة المطرة ، وبالتالي ينفصل عنها عنصر الألمنيوم على هيئة هيدروكسيد ($Al_2O_3.3H_2O$) ، ويتم تركيزه في مكان التجوية ، ويتكون معدن البوكسايت عن طريق إتحاد معادن الطين الناتجة من التجوية (معدن الكاولين) مع الماء وفق المعادلة التالية :

$$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O + nH_2O \longrightarrow Al_2O_3.nH_2O + 2SiO_3.2H_2O$$

ومن أمثلة رواسب خامات البوكسايت ما يوجد في ولاية أركاناس بالولايات المتحدة الأمريكية وأيضاً في منطقة كويزلاند في أستراليا ، شكل (٩) .

* **خامات الفوسفات :** وتتكون من تجوية الصخور الحامضية - مثل الجرانيت - التي يدخل في تركيبها المعدني معدن الاباتيت [$Ca_5(PO_4)_3(OHF,Cl)$] حيث يتحرر عنصر الأباتيت وينقل مذاباً في حامض الكربونيك أو كحامض الفوسفور أو في حالة غروية إلى بيئات الترسيب البحرية حيث تمتصه الكائنات الحية لتبني عظامها به ، وتتواجد خامات الفوسفات على هيئة طبقات يبلغ سمكها عدة أمتار وتمتد لعدة الآف من الكيلومترات ، ومن أمثلة خامات الفوسفات الحزام الفوسفاتي المنطلق من سوريا ماراً بمصر إلى موريتانيا .

* **خامات اليورانيوم :** وتتكون بالتجوية الفيزيائية و / أو الكيميائية للصخور الحاملة لمعدن اليورانيوم حيث ينفصل معدن اليورانيوم ويتركز بالعمليات الفيزيائية في الأودية والشواطيء (Placer Deposits) أو ينقل كمذاب في المحاليل المائية إلى البحار ، ومن ثم يتم ترسبه كيميائياً في وسط مختزل أو وسط متعادل تقريباً.

ومن أهم رواسب خامات اليورانيوم في العالم الطفل الأسود المشع في السويد ، وكذلك رواسب الحجر الرملي الغني بالمواد العضوية والحاملة لمعدن الكارنوتايت المشع في غرب ولاية كلورادو الأمريكية ، جدول (١).

استخدامات الخامات الرسوبية

تعد الخامات المعدنية ذات الأصل الرسوبي إحدى اللبنات الأولى في تطور وتقدم الحياة ، فهي تدخل في كثير من الصناعات والمجالات الزراعية والعمرانية والطبية ، فمثلاً يستعمل الحجر الجيري والدولومايت في صناعة مواد البناء والأسمنت والأسمدة والمواد الكيميائية ومساحيق التبييض والورق وصناعة المبيدات الحشرية ، وصناعة الحديد ، وصناعة الزجاج ، وتغذية الدواجن ، كما تستخدم خامات الفوسفات في صناعة الأسمدة ، وتستخدم خامات الحديد في الكثير من الصناعات ، كما تستخدم خامات الكبريت الرسوبية في صناعة الأدوية والمطهرات والمبيدات الحشرية وصناعة الاسمدة وتكرير البترول وصناعة الورق ، إضافة إلى ذلك تستخدم خامات اليورانيوم المختلفة كوقود لمحطات توليد الكهرباء ، وفي مجال الاسلحة الذرية ، أما خامات البوكسايت (الألمنيوم) فتستخدم في العديد من الصناعات مثل الأواني والسيارات والطائرات ، وغيرها، وفضلاً عن ذلك توجد كثير من الخامات المعدنية الرسوبية مثل الذهب ، والمنجنيز ، والفحم ، والبترول ، والمتبخرات بأنواعها التي تستخدم في كثير من المجالات .

الخامات الرسوبية في المملكة

بدأ البحث والتنقيب عن الثروة المعدنية في المملكة منذ عام ١٩٦١م بوساطة المديرية العامة للثروة المعدنية والبعثات الأجنبية التابعة لها ، وقد تم اكتشاف العديد من الخامات الثانوية ذات الأصل الرسوبي ، منها ما يلي :

● خامات الحديد

توجد خامات الحديد في العديد من مناطق المملكة ومنها مايلي :

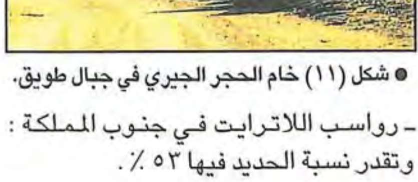
- حديد وادي فاطمة البطروخي في صخور متكون الشميسي الوسطى ، وتبلغ نسبة الحديد فيه ٤٦٪ ويقدر الإحتياطي فيه بحوالي ٧٠ مليون طن .

المعدن	التركيب الكيميائي	فصيلة التبلور	اللون	الكثافة(جم/سم٣)	الصخور الحاوية له
الكارنوتيت (Carnotite)	$K_2(UO_2)_2(UO_4)_2.2H_2O$	رباعي أحادي الميل	أصفر	٤	الصخور الرملية والكونجلو ميرات
الأوتونيت (Autunite)	$Ca(UO_2)_2(PO_4)_2.10H_2O$	رباعي	أصفر مخضر	٣	الصخور الرملية والكونجلو ميرات
المونازيت Monazite	$(Ce,La,Th)PO_4$	أحادي الميل	أصفر أو بني أو أحمر	٥	المعادن الثقيلة للرواسب الشاطئية
اليورانينايت Uraoninit	UO_2	مكعب	بني مسود	٦,٥-٨,٥	الرواسب الفتانية النهرية

● جدول (١) بعض الخامات المشعة الرسوبية وخواصها الفيزيائية .



● شكل (١٠) إحدى مواقع خامات الفوسفات شمال المملكة (سنام).



● شكل (١١) خام الحجر الجيري في جبال طويق.

- رواسب اللاترايت في جنوب المملكة : وتقدر نسبة الحديد فيها ٥٣ ٪ .

● الفوسفات

توجد العديد من المواقع التي أكتشف فيها خامات الفوسفات منها فوسفات الثنيات في شمال المملكة ، ويقدر الإحتياطي الأولي بـ ٧٨٤ مليون طن متري ، وبتركيز يصل إلى ٢٠٪ من خامس أكسيد الفوسفور ، كذلك موقع الجلاميد شمال غرب مدينة عرر، ويقدر الاحتياطي بـ ٤٤٧٠ مليون طن بدرجة تركيز ١٩٫٤٪ من خامس أكسيد الفوسفور . أيضا توجد مواقع أخرى منها أم الوعال والعامود في شمال المملكة ، شكل (١٠) .

● الحجر الجيري

يوجد أكثر من ٤٠٠ موقع لخامات الحجر الجيري ($CaCO_3$) ومن أهمها :

* **أم الغربان :** وهي على بعد ٥٠ كم شرق مدينة الخرج ويقدر الإحتياطي بـ ١٤٥ مليون متر مكعب ، وتبلغ نسبة أكسيد الكالسيوم فيه ٥٤٪ .

* **موقع سدوس :** وتقع غرب مدينة الرياض حيث يقدر الاحتياطي بـ ١٠ مليون طن .

* **موقع وادي حنيفة :** وتقع على بعد ١٠ كم شمال غرب مدينة الرياض حيث تصل نسبة كربونات الكالسيوم الى ٩٩٫٤٦٪ .

* **مناطق أخرى :** شمال الجفير ، وشمال الدرعية ، وخشم المزاليج ، شكل (١١) .

● الرمل الزجاجي

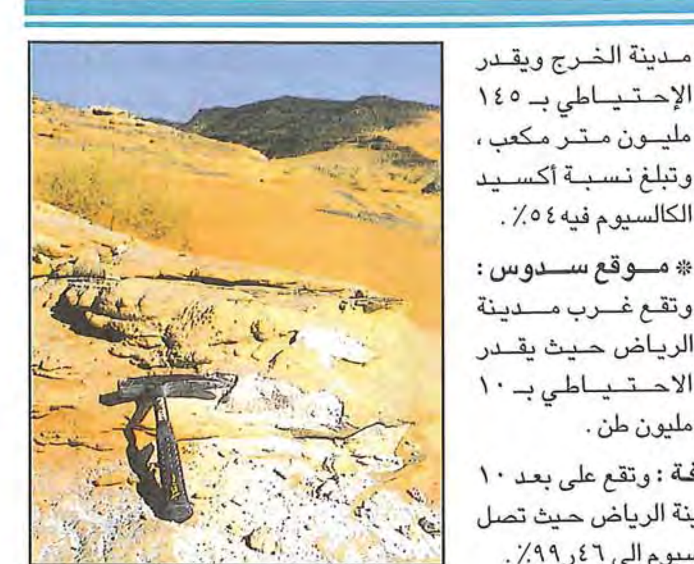
تم تحديد أكثر من ٢٥٠ موقع تحتوي على خامات الرمل الزجاجي (SiO_2) والأحجار الرملية الملائمة لصناعة الزجاج منها :

* **منطقة البياض :** وتقع شرق الرياض ، ويصل تركيز السيليكا فيها إلى ٩٩٪ .

* **مناطق أخرى :** ومنها : منطقة الجبيل ، ومنطقة الجوف ، ومنقطة تبوك ، شكل (١٢) .

● الكاولين

تم اكتشاف أكثر من ٤٠ موقع تحتوي على خام الكاولين ومنها :



● شكل (١٢) رواسب الرمل الأبيض في المملكة.

* **الزبيرة :** ويقدر الإحتياطي بـ ١٠٠ مليون طن .

* **منطقة خشم راض :** وهي على بعد ٤٥ كم شرق مدينة الخرج ، ويقدر الاحتياطي بـ ٥٤ مليون طن .

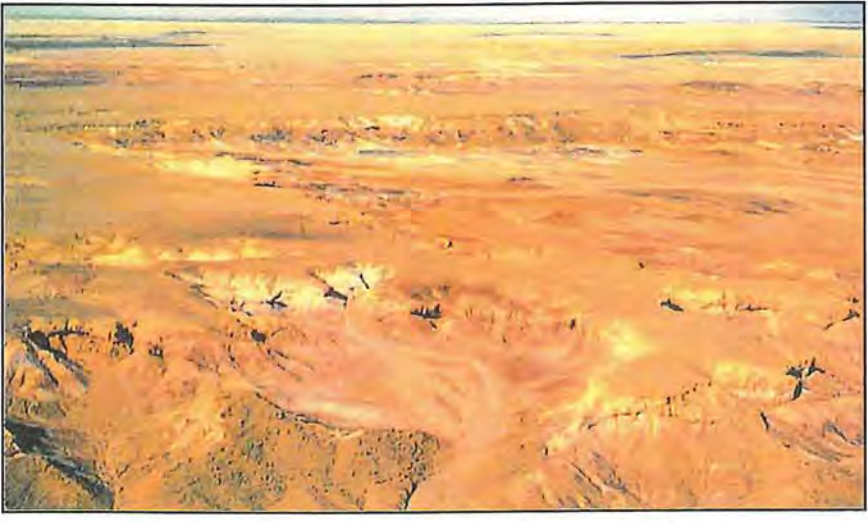
* **جبل شهبة :** ويقدر الإحتياطي بـ ٣٠ مليون طن .

● البوكاسيت

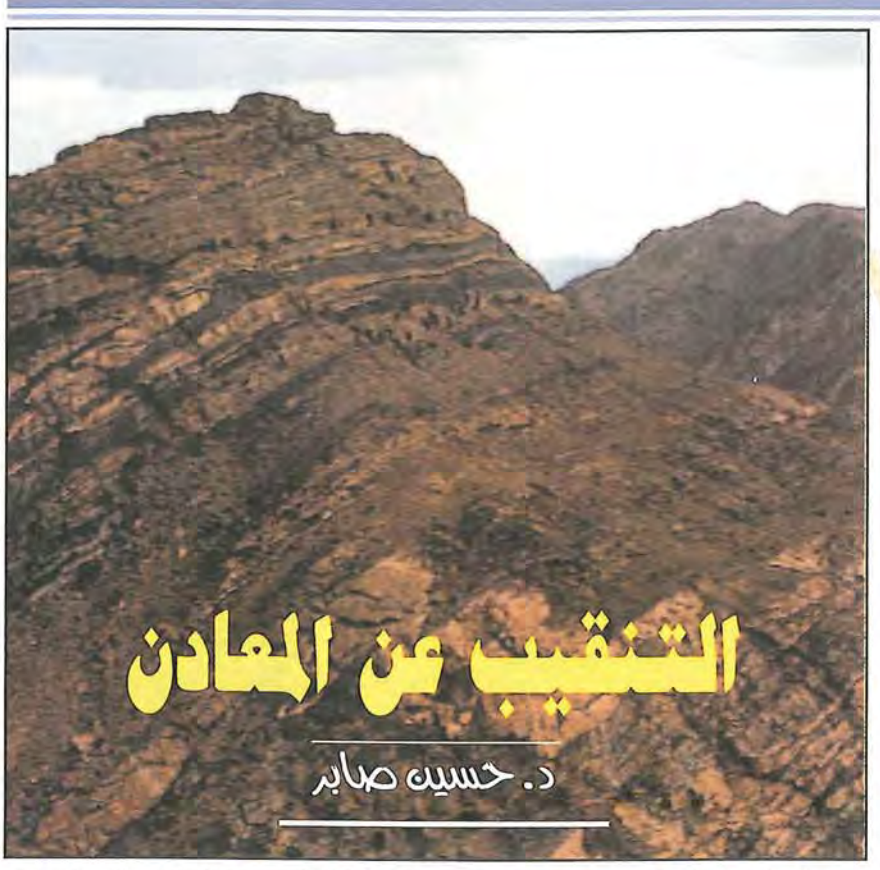
تم اكتشاف خام البوكاسيت في منطقة الزبيرة ، ويقدر الإحتياطي الأولي بـ ١٠٠ مليون طن ، شكل (١٣) ، كذلك تم أكتشاف البوكسايت في مناطق طويق والبويب .

● الذهب

تم تحديد العديد من المواقع التي تحتوي على الذهب منها منجم الصخيبرات .



● شكل (١٣) رواسب خامات البوكسايت في الزبيرة شمال شرق المملكة.



التنقيب عن المعادن

د. حسين صابر

إسترعت المعادن إنتباه الانسان منذ العصور الغابرة إذ من المرجح أن تكون قد ظهرت أولاً بشكل ذرات ورقائق لامعة في رواسب التربة الرملية للأنهار حيث وجدها الإنسان خلال بحثه عن أدوات حجرية للإستخدام. وقد حاول الإنسان التعرف على هذه المعادن وعمل جاهداً للبحث عن المزيد منها في الموارد السطحية الترابية حتى إذا شحت هذه الموارد اتجه للصخور الصلبة، فشد إنتباهه عروق المرو الناصعة البياض والتي تحمل حبيبات معدنية مرئية مثل معادن الذهب وغيرها. ونظراً لطول امتداد هذه العروق وإتساع إنتشارها ضمن الطبقات الصخرية السطحية، فقد أضحت دليلاً هاماً وهدفاً مفضلاً لأعمال التنقيب القديمة والتي تظهر بشكل حفيرات مبعثرة وخنادق ملتوية ضيقة تمتد إلى أعماق غائرة مما يدل على العزيمة الصلبة للقدماء في البحث عن المعادن بالرغم من عظم المشقة والعناء.

ويبدو أن اعمال التنقيب والاستغلال المنجمي القديم كانت مزدهرة في الجزيرة العربية خلال الفترة الإسلامية المبكرة وخصوصاً في عهد الخلافة العباسية (١٣٢-٦٥٦ هجري / ٧٥٠-١٢٥٨ ميلادي)، يشهد على ذلك وجود مئات من المناجم القديمة المنتشرة بالقرب من طريق القوافل القديمة في منطقة الدرع العربي في الجزء الغربي من المملكة.

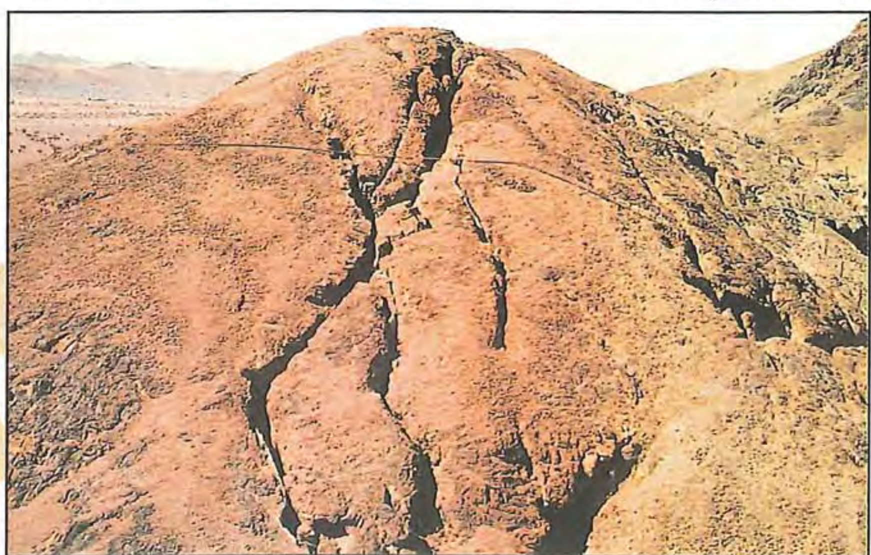
وفي القرن الخامس عشر الميلادي ظهرت بعض الدراسات التي تشير إلى وجود نصوص لإستخدام عصى التنبؤ (الاستنباء) لإيجاد المعادن والمياه، وقد أستخدمت هذه الطريقة في المناطق الريفية والضواحي لتجنب التكاليف المرتفعة لعمليات الحفر للبحث عن المياه، غير أن الدراسات اللاحقة أثبتت عدم جدوى تقنية التنبؤ، وتبعاً لذلك تم إعتماد الطرق العلمية المختلفة للتنقيب عن المعادن والتي شهدت تطوراً تقنياً كبيراً خلال هذا القرن.

طرق التنقيب عن المعادن

تنشأ المعادن في بيئات جيولوجية وجغرافية متباينة، مما يستوجب تعدد الطرق الفنية المستخدمة للكشف عنها. ويتم اختيار طرق التنقيب - لأي هدف محدد - تبعاً للإعتبارات الإقتصادية. وتشير الدراسات إلى أنه بالرغم من التطور التقني لطرق التنقيب المختلفة، فان العديد من الإكتشافات الحديثة ترجع إلى تبني وتطبيق نظريات تتعلق بنشأة ونماذج تواجد الخامات المعدنية في بيئات جيولوجية واعدة، ولا ترتبط مباشرة بتقنية التنقيب المستخدمة. وفيما يلي إيجاز لأهم طرق التنقيب عن المعادن، وهي طرق متكاملة ومرتبطة بمراحل معينة من أعمال التنقيب.

● المسح الإقليمي العام

يهدف المسح الاقليمي الجوي أو الحقلي إلى تحديد الإطار الجيولوجي العام للمناطق المختارة والتي يؤمل أن تتواجد بها رواسب معدنية. ويتم تنفيذ هذا العمل



● حفريات وخنادق تعدينية قديمة في جبل مهد الذهب.

باستخدام الطائرات العمودية والمروحية أو السيارات الحقلية، حيث تغطي عمليات المسح مناطق واسعة للتعرف على المجموعات (التكوينات) للطبقات والتداخلات الصخرية وامتدادها على النطاق الإقليمي. كما تساعد أعمال المسح الإقليمي على تبيان الظواهر البنائية (التركيبة) كالصدوع، والفوالق وعمليات الطى، التي تتعرض لها الوحدات الصخرية، وبالتالي فإنها تلعب دوراً هاماً في تحديد النطق المناسبة للأعمال الجيولوجية التفصيلية وذلك بالاستعانة بتقنية الاستشعار عن بعد التي تشمل الصور الجوية، وصور الأقمار الفضائية مثل القمر الصناعى الأمريكي "لاندسات" والقمر الصناعي الفرنسي "سبوت".

• طيات متماثلة الميل في صخور بركانية متمعدنة في جنوب الدرع العربي.

• المسح الجيولوجي الحقلي

يتم تنفيذ المسح الجيولوجي الحقلي في المواقع المختارة للتعرف على أنواع الصخور السطحية وخصائصها ودراسة المناجم القديمة -إن وجدت- أو البحث عن الشواهد السطحية للخامات المعدنية، مثل المعادن المؤكسدة، أو حبيبات المعادن المكتنفة في الصخور، وذرات المعادن الموجودة في التربة السطحية لوديان الأنهار. وفي هذا الخصوص يقوم الجيولوجيون بجمع العينات السطحية للصخور وإعداد الخرائط الجيولوجية بمقاييس رسم مختلفة توضح أنواع الصخور وسماكتها السطحية وتحدد إتجاهاتها وعلاقاتها النسبية ومدى إمتدادها وتشكلاتها البنائية مما يساعد على تفهم البيئة الجيولوجية للموقع، وفي بعض الحالات - عندما لاتوجد منكشفات للصخور السطحية - يتم حفر عدد من الخنادق بإتجاهات محددة لجمع العينات ودراسة السحنات الصخرية. ويتم تنفيذ أعمال المسح الجيولوجي الحقلي سيراً على الأقدام أو بإستخدام السيارات الحقلية. وفي بعض المواقع تستخدم الطائرات العمودية للتمكن من الوصول إلى قمم الجبال الشاهقة أو الأماكن الوعرة.

• المسح الجيوكيميائي

يهدف المسح الجيوكيميائي إلى :-

١ـ تحديد التركيب الكيميائي (العناصر الكيميائية المكونة) للصخور لمعرفة أنواعها وخصائصها واحتوائها على عناصر المعادن المختلفة.

٢ـ رصد الشواذ (نسب التركيز العالية) لعناصر المعادن في العينات الصخرية وتحديد مواقع تركيزها ومدى إمتدادها في السحنات الصخرية.

ويشكل المسح الجيوكيميائي أداة سريعة للتنقيب الإستطلاعي للكشف عن كميات المعادن النزرة والمجموعات المصاحبة لها من العناصر الدالة والتي قد تشير إلى وجود تمعدن هام.

وتتضمن أعمال المسح الجيوكيميائي ما يلي :-

* **جمع العينات :** ويتم بواسطة أخذ عينات من المنكشفات الصخرية والتربة السطحية للوديان والخنادق بشكل عشوائي أو بشكل منتظم على طول خطوط شبكات المساحة، يتم بعد ذلك ترقيمها وإرسالها إلى المختبر لتحليلها كيميائياً.



• إستخدام الطائرات العمودية لدعم أعمال المسح والتنقيب عن المعادن.

* **التحليل الكيميائي :** ويتم بإستخدام الطرق التحليلية المختلفة والتي تشمل:-

- التحليل الطيفي للحث بالبلازما المزدوج للتحديد السريع والدقيق للعناصر الرئيسية والصغيرة والنادرة في العديد من العينات الجيولوجية . وقد حل هذا الأسلوب التحليلي المتعدد العناصر بديلاً للطرق السابقة التي كانت تستغرق وقتاً طويلاً للتحليل الشامل .

- التحليل الطيفي الكتلي بالبلازما المزدوج الذي يؤمن الحصول على تحديد العناصر ذات التراكيز المنخفضة للغاية إضافة إلى توفير معلومات عن النظائر.

- الصهر بالافران في حالة الذهب لتحديد نسبة تركيزه .

- الإمتصاص الذري لتحديد نسبة تركيز المعادن مثل الذهب ، ومعادن الأساس (نحاس ، وزنك) والأكاسيد .

- الكيمياء التحليلية العامة للصخور والمعادن .

● الطرق الجيوفيزيائية

تظهر فعالية المسح الجيوفيزيائي الجوي والأرضي في اختيار مناطق الشواذ الواعدة بإحتوائها على المعادن ، حيث يمكن التعرف على التراكيب البنائية تحت السطحية للصخور والأجسام المعدنية باستخدام الطرق الجيوفيزيائية المختلفة ، ومنها الطريقة المغناطيسية ، والكهرومغناطيسية ، والإشعاعية .

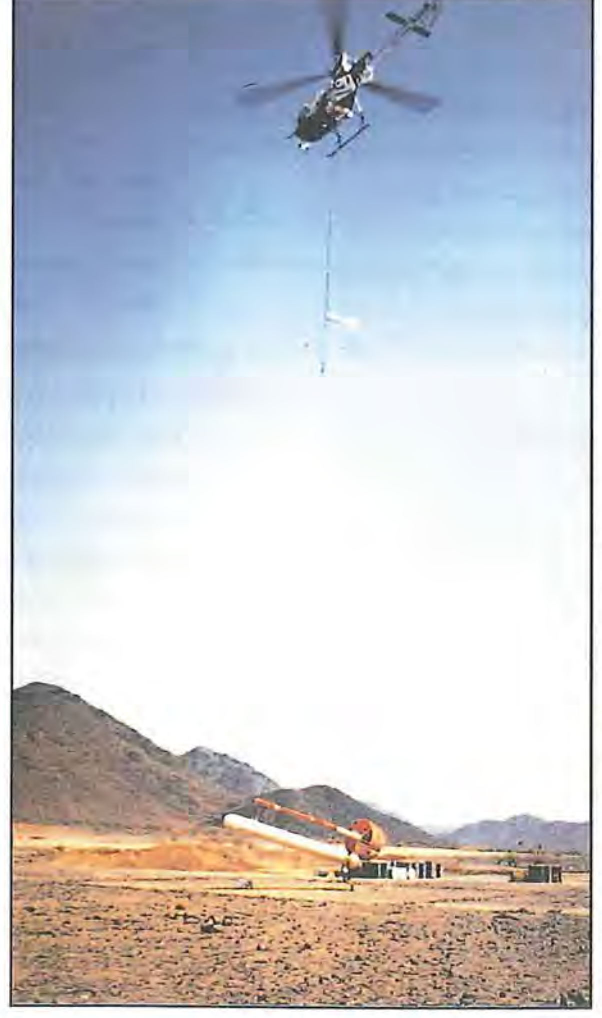
* **الطريقة المغناطيسية :** وتستخدم في الكشف عن المعادن بصورة عامة وعن خامات الحديد بصورة خاصة . ويتم تحديد الفواصل بين التكوينات الجيولوجية بناءاً على اختلافها في الخاصية المغناطيسية وعلى إحتوائها على معادن الحديد ، حيث يؤدي تواجد هذه المعادن في منطقة الصخور السطحية المكتنفة إلى إرتفاع قيمة المجال المغناطيسي مقارنة بالمنطقة المحيطة ، مما ينتج عنه - بعد التصحيح والتحليل - شذوذ مغناطيسي نا تج عن وجود الخامات الحديدية . وتشمل تطبيقات الطريقة المغناطيسية أعمال المسح الجوي المغناطيسي على النطاق الإقليمي الواسع ، والمسح الأرضي المغناطيسي في مناطق محدودة وصغيرة . وقد استخدمت هذه الطريقة للكشف عن العديد من المعادن الفلزية في الدرع العربي .

* **الطريقة الكهرومغناطيسية :** وتعتمد على إرسال مجال كهرومغناطيسي إلى بطن الأرض قد ينتج عنه مجال كهرومغناطيسي ثانوي يمكن قياسه في سجل الاستقبال على سطح الأرض ، وذلك لوجود أجسام موصلة للكهرباء من الخامات المعدنية . وتبعا لذلك يمكن تحديد موقع الخام وحجمه وتوصيله الكهربائي وسمكه وعمقه في باطن الارض . وتستخدم هذه الطريقة في البحث عن خامات المعادن الكتلية والمنثورة بصورة أساسية مثل معادن الكبريتيد المتعددة المعادن . ويتم اجراء هذا المسح جواً في المناطق الاقليمية ، أو على الارض لتحديد موقع الخامات بالتفصيل من نا تج المسح الجوي . وقد أدى تطبيق هذه الطريقة إلى المساعدة في اكتشاف عدد من خامات النحاس والزنك في الدرع العربي .

* **الطريقة الاشعاعية :** وتستخدم في اكتشاف توزيع العناصر المشعة مثل اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم التي تتواجد في الصخور الجرانيتية والتي تنبثق منها أشعة جاما ، حيث يتم قياس كثافات وطاقة هذه الاشعة في المنطقة الممسوحة بواسطة أجهزة السنتلوميتر ، التي تقوم بتحديد عدد نبضات أشعة جاما في الثانية ، وقد أستخدمت هذه الطريقة للكشف عن عنصر اليورانيوم في بعض منكشفات صخور الجرانيت بالدرع العربي .

● الحفر

يعد الحفر إحدى الطرق الرئيسية للتحقق من تواجد الخامات المعدنية تحت سطح الأرض وترتبط أعمال الحفر بإستخدام أنواع مختلفة من الحفارات المزودة بقواطع لولبية من الفولاذ والألماس لأختراق الطبقات الصخرية الصلبة ، ويتم تحديد موقع الحفر ، ونوعه (مطرقي ، رحوي ، لبي) وعدد المثاقب والعمق المبدئي وفقاً للمعلومات التي تم جمعها بالطرق الفنية الأخرى للتنقيب ، وخاصة المعلومات الجيولوجية والجيوكيميائية التي تشير إلى نوع الصخور والخامات المتوقع إختراقها في العمق ، وتهدف برامج الحفر إلى الحصول على عينات لدراستها وتدوين محتوياتها المرئية في الحقل ، ثم إرسالها إلى المعامل الكيميائية لتحليلها وتحديد



● المسح الجيوفيزيائي الجوي.



• الحفر الإستكشافي للمعادن.

نسبة التمعدن بها وإجراء إختبارات معالجة الخامات المعدنية عليها .

مراحل التنقيب عن المعادن

تتركز أعمال التنقيب عن المعادن على فرضية اكتشاف مكامن أو رواسب معدنية قابلة للاستغلال التجاري وذلك من خلال أربع مراحل رئيسية متلاحقة ، مع الأخذ بالاعتبار تداخل وتزامن هذه المراحل في بعض مساراتها ، ويمكن تفصيل هذه المراحل فيما يلي :-

• مراجعة وتقويم المعلومات

يبدأ البحث العلمي المتعلق بالتنقيب عن المعادن عادة في المكتبات حيث يقوم الجيولوجيون بمراجعة ودراسة المراجع والتقارير والخرائط والبيانات الجيوكيميائية والجيوفيزيائية للأعمال السابقة ، وتهدف هذه المرحلة إلى البدء بأعمال التنقيب في مواقع جديدة أو استمرار العمل لدعم الاحتياطي في المواقع المشجعة . وتبعاً لذلك ، يتم تقديم التوصيات بالمواقع التي تظهر مؤشرات إيجابية وتحظى بالأولوية لتنفيذ أعمال الاستكشاف بها .

تجدر الاشارة إلى أن بدايات أعمال التنقيب عن المعادن في المملكة كانت في الثلاثينيات الميلادية ، وقد تركزت على دراسة ومراجعة الكتب التاريخية المتواجدة في المكتبات الاسلامية في مكة المكرمة والمدينة المنورة ، حيث تم التعرف من خلالها على عدد من المناجم القديمة في الدرع العربي السعودي ، مثل منجم مهد الذهب ومنجم الصخيبرات اللذان ينتجان الذهب حالياً .

• التنقيب الاستطلاعي

تتضمن هذه المرحلة تنفيذ أعمال المسح الاستطلاعي الشامل - الجوي والحقلي - لتحديد المواقع المعدنية المتواجدة في بيئات جيولوجية مناسبة تعرف بالاحزمة أو المناطق المعدنية . ويتم في هذه المرحلة إعداد خرائط جيولوجية توضح حدود وإمتداد الأحزمة المعدنية وتداخلاتها الإقليمية وأنواع المعادن التي تضمها . ويتم بعد ذلك إعداد التقارير الفنية .

وقد أدت أعمال التنقيب الاستطلاعي التي نفذتها وكالة الوزارة للثروة المعدنية إلى تحديد عدد من الأحزمة المعدنية في المملكة مثل حزام الأمار (ذهب - زنك) في الجزء الشرقي من الدرع العربي ، وحزام سمران (ذهب - نحاس) في الجزء الغربي من الدرع العربي ، وحزام وادي بيدة (ذهب - نحاس - زنك) في الجزء الجنوبي من الدرع العربي .

• التنقيب التفصيلي

يتم في هذه المرحلة القيام بدراسات تفصيلية للمواقع التي اكتشفت وحددت بأنها واعدة من خلال مرحلة التنقيب الإستطلاعي . وتتطلب الدراسات في أغلب هذه المواقع إعداد الخرائط الجيولوجية التفصيلية لتحديد السحنات الجيولوجية المختلفة ، وتبيان الشواهد السطحية مثل التحول الحرمائي لصخور المواقع ، والخامات المتأكسدة (الجوسان ، هيدروكسيدات المعادن) . كما تشمل هذه المرحلة تنفيذ أعمال المسح الجيوكيميائي التفصيلي ضمن شبكات منتظمة لجمع العينات الصخرية من المنكشفات السطحية والأودية والخنادق ثم تحليلها في المعامل الكيميائية لتبيان محتوياتها من المعادن . وفي بعض المواقع يتم إجراء المسح الجيوفيزيائي للمساعدة في تحديد النطاق السطحي للخام . ويقوم الجيولوجيون بعد ذلك ، بدراسة متأنية لنتائج المسوحات الجيولوجية والجيوكيميائية والجيوفيزيائية للموقع . وعند الحصول على نتائج مشجعة يتم تنفيذ عمليات الحفر المنتظمة ثم إعداد التقارير الفنية التي تتضمن النتائج النهائية لهذه المرحلة والتوصيات .

• العمل التقويمي

يتركز الإهتمام في هذه المرحلة على إجراء دراسات الجدوى الأولية للرواسب المعدنية الواعدة التي تم تحديدها في مرحلة التنقيب التفصيلي السابقة بهدف إمكانية تسليمها للقطاع الخاص لإجراء دراسات الجدوى الإقتصادية النهائية وتنمية المناجم بها من خلال الإستثمار المالي والإستغلال التجاري . وتتضمن هذه المرحلة القيام بعمليات الحفر الشاملة والمنتظمة لتحديد مكامن وإحتياطي الرواسب المعدنية وإجراء دراسات معالجة وتركيز الخامات المعدنية بواسطة تجارب معملية وحقلية ، ودراسات إقتصادية أولية لكيفية إستغلال الخام وما يحتاجه من تجهيزات أساسية . وفي بعض المناطق ذات المؤشرات الايجابية والوضع الجيولوجي الخاص يتم عمل منجم إختباري صغير بإستخدام الانفاق الجوفية لدراسة حجم إحتياطي الخامات المعدنية .

الجديد في العلوم والتقنية

بروتين السرطان والشيخوخة

أمكن لفريقين متنافسين من العلماء إيجاد البروتين المسؤول عن نمو أغلب الأورام السرطانية والذي له دوراً أساساً في عملية الشيخوخة .

ويذكر العلماء أن هذا الإكتشاف يمثل ثورة علمية في تشخيص وعلاج السرطان بإذن الله كما أنه يسرّع صناعة مجموعة من المواد الكيميائية المضادة لبعض مظاهر الشيخوخة .

يحتوي البروتين على جزء أساس من انزيم يطلق عليه التيلوميريز البشري (Human Telomerase - Tel AHMerase) المسؤول عن إبقاء الخلايا في كامل شبابها أثناء عملية انقسامها ، اذ أن غيابه يجعل الخلايا تبدو عليها علامات الشيخوخة رغم نموها وتكاثرها الظاهري . ويأمل العلماء الاستفادة من هذه الخاصية في ضبط نشاط هذا الإنزيم وعكس اتجاه تفاعله، حيث أن نشاطه الزائد عن الحد يؤدي إلى نمو الخلايا بسرعة مذهلة مؤدية لما يسمى بالنمو السرطاني .

ومن المدهش أن الإنزيم المكتشف يشبه في صفاته الكيميائية صفات إنزيم فيروس الايدز (HIV) الذي يهاجم خلايا الانسان . وفي هذا الخصوص يذكر **توماس تشيك (Thomas Tech)** من جامعة كلورادو ورئيس أحد فريقي البحث أنهم كانوا يعتقدون بوجود الإنزيم في فيروس الإيدز فقط ، ولذا فإن وجود مثيل له في جسم الإنسان يجعل من العقاقير المستخدمة ضد الإيدز صالحة بشكل ممتاز لعلاج السرطان بعد تعديل طفيف في تركيبها الكيمو حيوي .

وتضيف **اليزابيث بلاكبيرن (Elizabeth Blackburn)** رئيسة قسم علم الأحياء الدقيقة والمناعة بجامعة كاليفورنيا في سان فرانسسكو أنهم يستطيعون تحليل أنزيم التيرميريز لمعرفة آلية تفاعله في حالتي السرطان والشيخوخة لأنه يجعل الخلايا تنقسم ببنائه لاطراف كروموسوم التيلومر (Telomeres) ، وأن افتقاد الخلايا لهذه الأطراف يجعلها تتمزق عند كل انقسام ، وهذه الأطراف مهمة للنمو العادي لخلايا الانسان ، حيث أن آلية إيقاف النمو عند نضج الخلايا تتم بواسطتها ، وأن أي خلل في هذه الأطراف يؤدي إلى النمو السرطاني .

من جانب آخر يؤدي عدم وجود إنزيم التيلوميريز إلى إضمحلال تدريجي لكروموسوم التيلومر مؤدياً في النهاية إلى موت الخلية . ويعتقد كثير من العلماء أن طول كروموسوم التيلومر يأخذ في القصَر مع ازدياد إنقسام الخلية حتى يفقد فاعليته، وأن إعادة تلك الكروموسومات إلى طولها الطبيعي يعني إعادة الشباب للخلية مرة أخرى .

ويذكر العالم **مايكل ويست (Michael West)** من شركة جيرون للتقنية الحيوية في ميثلو بارك بكاليفورنيا أن نقصان طول كروموسوم التيلومر كان سبب شح إنزيم التيلوميريز .

تنحصر الجوانب السلبية لأنزيم التيلوميريز في أنه قد ينشط ويؤدي إلى ازدياد انقسام الخلايا بسرعة شديدة مؤدية إلى ظهور الأورام السرطانية ، حيث أظهرت الدراسات أن ٩٠٪ من هذه الأورام كانت بسبب هذا النشاط . ويقول العلماء أنه يجب أن يكون هناك حذر شديد عند استخدام التيلوميريز كعقار للشيخوخة ، وفضلاً عن ذلك فإن العقاقير المستخدمة لكبح نشاط إنزيم التيلوميريز يمكنها أن تصلح لعلاج السرطان . حيث اتضح أن هذا الإنزيم موجود في جميع الخلايا السرطانية، ولكن لايوجد له أثر في الخلايا السليمة .

ورغم معرفة العلماء لإنزيم التيلوميريز لسنين عديدة إلا أن تعقد تركيبه الكيميائي لم يمكنهم من فصل كروموسوم التيلومر المسؤول عن تنظيم نشاطه ، وقد أفسح الاكتشاف الجديد المجال أمام اكتشاف مكون رئيس للكروموسوم التيلومرزي في الخميرة . وعند مضاهاته بالكروموسوم البشري اتضح أن هذا المكون نشيط في أغلب الخلايا السرطانية وغير نشط في الخلايا السليمة .

ويعد هذا الاكتشاف خطوة مهمة في صناعة العقاقير المثبطة للسرطان وأيضا عقاقير إعادة الشباب .

المصدر :

Washington Post, August 1997 PA14.

الإستكشاف الجيوكيميائي للمعادن

د. أحمد محمد الصالح

يمكن تعـريف الجيوكيمياء (Geochemistry) بأنها ذلك العلم الذي يعنى بدراسة توزيع العناصر في الأغلفة الصخرية للأرض بالإضافة إلى الغلافين المائي والجوي. استخدم القدماء وسائل تنقيب بدائية لتحديد محتوى العروق المعدنية من العناصر الثمينة.

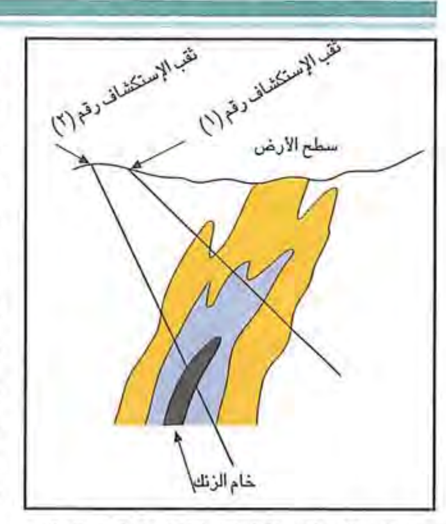
ومن أمثلة ذلك عمد المنقبون القدماء الى تقدير كميات الذهب في عروق المرو عن طريق استخلاص أجزاء من تلك العروق وصهرها لتحديد كمية الذهب الموجودة فيها ،شكل (١)، أما في الوقت الحاضر فقد أصبحت وسائل الجيوكيمياء الحديثة من الأدوات الأساسية في أي برنامج إستكشافي ، خاصة فيما يتعلق بالعناصر الفلزية .

لاتنحصر مهمة الجيوكيمائي في تحديد ما إذا كانت المنطقة المدروسة تحتوي على خام إقتصادي (ore) فقط ولكنها تهدف إلى العثور على قيم عالية أو شاذة (Anomaly) للعنصر المستهدف (Target Element) مقارنة بالقيم المخفضة الناتجة من الصخور غير المتمعدنة ، والتي تعرف بالقيم الخلفية (Background) ، وعندما يحدد الجيوكيميائي - وبشكل دقيق - حدود المنطقة ذات القيم الشاذة ، والتي يحتمل وجود نطاقات تمعدنية (Mineralized zones) بها تنتهي مهمته الإستكشافية ، لتبدأ بعدها - غالباً - برامج الحفر (Drilling) لتحديد كمية (Tonnage) ودرجة (Grade) الخام .

● شكل (١) خام الذهب ضمن عروق المرو في منطقة وادي علاقي ٥٠كم شمال ينبع.

الإنتشار الأولي للعناصر

يرمز الإنتشار الأولي للعناصر (Primary Dispersion of Elements) في الجيوكيمياء النظرية إلى توزيع تلك العناصر خلال الصخور أثناء عمليات التحول أو تبلور الصهير ، أما في الجيوكيمياء الاستكشافية فإن هذا المصطلح يشمل توزيع العناصر في جميع أنواع الصخور غير المتحللة (بما فيها الصخور الرسوبية) ، ويتم عادة جمع العينات الصخرية وتحليلها كيميائياً لتفسير نتائج المسح المبدئي للتربة أو رواسب الوديان في منطقة ما ، حتى يمكن تحديد الوحدة الصخرية المسؤولة عن ظهور القيم الشاذة ، ومن الممكن أيضاً استخدام هذا الأسلوب من الدراسة الجيوكيميائية بشكل مستقل ، وذلك فيما يعرف بالمسح الصخري (Lithogeochemical Exploration) والذي يهدف إلى رصد هالات الإنتشار (Dispersion Haloes) للعنصر المستهدف ، والتي قد تدل على وجود الخام المعدني على



● شكل (٢) هالات الإنتشار الأولى لعنصر الزنك.

عمق غير بعيد عن سطح الأرض ، ويوضح شكل (٢) مقطع عرضي لهالات الإنتشار الأولى (Primary Dispersion Haloes) لعنصر الزنك حول خام معدني مكون من كبريتيد الزنك (أسود) حيث يبين النطاق الأزرق تركيز ١٠٠ـ١٠٠٠ جزء من مليون من الزنك ، بينما يبين اللون الاصفر تركيز ٥٠ـ١٠٠ جزء من المليون ، وقد أمكن تحديد موقع خام الزنك عن طريق حفر الثقب الاستكشافي رقم (١) خلال هالات الإنتشار الاولى ليتم حفر الثقب رقم (٢) خلال هذا الخام.

نجحت هذه الطريقة بشكل لافت للإنتباه في الإتحاد السوفيتي السابق ، خاصة فيما يتعلق بتمييز صخور الجرانيت المحتوية على القصدير (Tin) من الصخور المفتقرة اليه ، وقد أستخدمت هذه الطريقة على القصدير أيضاً بشكل أكبر في البحث عن رواسب النحاس البورفيري (Porphyry Copper Deposits) والتي تحاط عادة بأغلفة متراكبة من الصخور المتحللة بدرجات متفاوتة حسب قربها من خام النحاس ، وقد حقق الإستكشاف الصخري نجاحاً ملحوظاً في تحديد رواسب الذهب في الدرع العربي ، وبخاصة في مناطق القبة وعقيق غامد .

الإنتشار الثانوي للعناصر

ينشاء أثناء عمليات التجوية (weathering) تفكك للصخور والمعادن مطلقة عناصرها إلى التربة أو رواسب الوديان أو المياه السطحية والجوفية ، ويطلق على هذا النوع من التفكك الإنتشار الثانوي (Secondary Dispersion of Elements) ، وهو يعتمد على قابلية العنصر للحركة (Mobility) ، وتتم عمليات الإنتشار الثانوي بطرق فيزيائية أو كيميائية أو كليهما وذلك كما يلي :

* **التجوية الميكانيكية (Mechanical Weathering)**: وتتم في حالة وجود معادن مقاومة للتحلل ـ مثل خامات التيتانيوم والقصدير والكروم ـ ولذلك فإنها لاتنتشر في البنيات السطحية عن طريق الإذابة الكيميائية ، وبدلاً عن ذلك فإنها تنتشر على هيئة حبيبات فتاتية يتم نقلها عن طريق عمليات التعرية الميكانيكية .

* **التجوية الكيميائية (Chemical Weathering)**: وتتم في حالة وجود عناصر قابلة للذوبان في المحاليل ذات الخصائص المناسبة من حيث الرقم الهيدروجيني (pH) والأكسدة (Oxidation) ، ومن أمثلة ذلك عناصر الزنك والنحاس واليورانيوم .

ومما يجدر ذكره أن أغلب العناصر المهمة إقتصادياً قابلة للذوبان بشكل عام في المحاليل الحامضية ، ويتم ترسيبها في البيئات القلوية (Alkaline) . يتم تكوين المحاليل الحامضية عادة عند تفاعل الماء مع معدن البايرايت (Pyrite) لتكوين حامض الكبريتيك المخفف والذي يمكن معادلته فيما بعد إذا سرت هذه المحاليل خلال صخور غنية بمعادن الكربونات مثلاً .

تلعب معادن الطين وأكاسيد الحديد والمنجنيز والمواد العضوية دوراً هاماً في الحد من حركة العناصر الذائبة في البيئة الثانوية ، حيث تقوم هذه المواد بإمتزاز (Adsorption) تلك العناصر على أسطحها بتراكيز كبيرة أحياناً ، مما قد يؤدي إلى ظهور قيم شاذة كاذبة (False Anomalies) ليست ناتجة من وجود تمعدن إقتصادي في صخور المنطقة ، ومن أكثر العناصر عرضة للتأثر بعمليات الإمتزاز المذكورة النحاس والرصاص والكوبالت والنيكل .

وقد أجريت محاولات لاستغلال هذه الظاهره لزيادة التباين بين القيم الشاذة والقيم الخلفية (Background) ، فعلى سبيل المثال وجد أن فصل أكاسيد الحديد والمنجنيز المائية عن التربة وتحليلها يعطي زيادة ملحوظة في وضوح القيم الشاذة خلال التنقيب عن معادن الأساس (Base Metals) مثل النحاس والزنك .

الإستكشاف بالإنتشار الثانوي

تتفاوت سبل الإستكشاف الجيوكيميائي للمعادن في البيئة الثانوية حسب الإقليم المستهدف بالدراسة، ولكن من الطرق الأكثر إستخداماً ما يلي:ـ

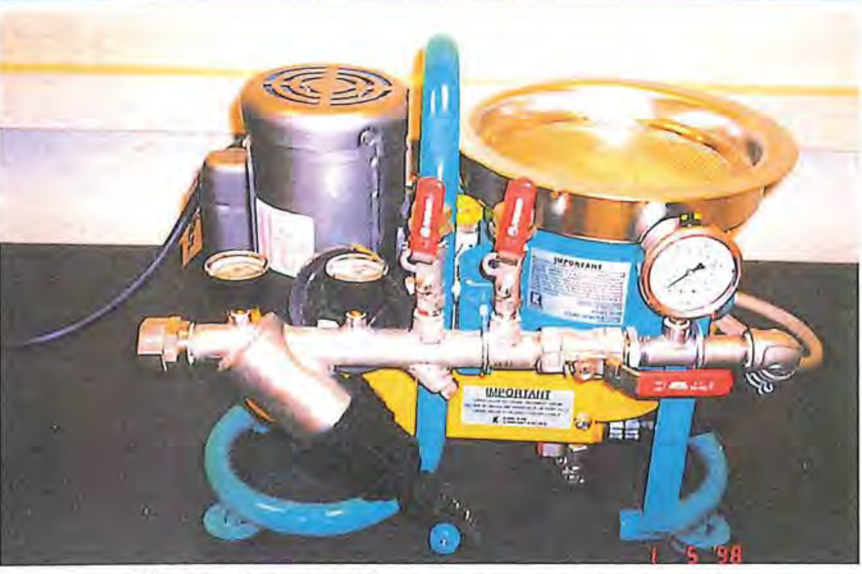
● مسح رواسب الأنهار والوديان

تبدأ عمليات حملة الإستكشاف في إقليم ما بمسح رواسب الأنهار والوديان (Drainage Surveys) بجمع منظم للعينات من رواسب الأنهار والوديان بغية العثور على مناطق ذات قيم عالية للعنصر المستهدف ، حيث تمثل هذه الرواسب التركيب الكيميائي المتوسط (Average Chemical Composition) للصخور المحيطة بها .

ويلائم هذا النوع من المسح الاستكشافي ـ كثيراً ـ المناطق ذات التضاريس المرتفعة نسبياً ، حيث تكون عوامل التعرية ونقل الرواسب نشطة إلى حد كبير ، أما في المناطق المنبسطة فإن مجاري المياه تكون أقل وضوحاً وذات رواسب غير نشطة بشكل كاف .

تتفاوت كثافة العينات حسب حجم المنطقة ونوع التمعدن المستهدف ، ولكن غالباً ما تؤخذ هذه العينات على أساس عينة واحدة لكل ٢ـ١٠ كم٢ خلال مرحلة المسح الإقليمي ، وعلى أساس عينة واحدة لكل ٢كم٢ في المراحل اللاحقة من المسح التفصيلي . وينبغي أن تؤخذ جميع العينات من الجداول ذات الرتبة المنخفضة ، وليست من الأنهار أو الوديان الرئيسية ، وكذلك يجب مراعاة أن تكون العينة من الرواسب المتحركة والمكونة بشكل رئيسي من الطين والرمل الدقيق .

يعمد الجيولوجيون أحياناً إلى فصل المعادن الثقيلة (Heavy Minerals) من عينات التربة ثم تحليلها بغرض زيادة تركيز العنصر المستهدف ، وتتوفر في الوقت الحالي أجهزة حديثة لهذا الغرض مثل جهاز نيلسون لتركيز



● شكل (٣) جهاز نيلسون لتركيز المعادن (Knelson Concentrator).

المعـــــادن (Knelson Concentrator) ، شكل (٣) ، الذي يعتمد على خاصية الطرد المركزي مع وجود نافثات جـانبيـة للمـاء المضغوط لإزالة المعادن ذات الوزن النوعي المنخفض ، وبالتالي زيادة التباين بين القيم الشـاذة والخلفـيـة ، وتعـد هذه الطـريقـة ناجحة للغاية في الكشف عن العناصر ذات الوزن النوعي المرتفع مثل الذهب والبلاتين والقصدير والتنجستن .

يتم تحـديد أمـاكن العـينات في الحـقل بإستخدام الصور الجوية أو أجهزة تحديد المواقع الجـغـرافـيـة (GPS) ، وخـلال هذه المرحلة يجب تـدوين الملاحظات الحـقليـة بشكل منتظم في كل مـوقع بحيث تشـمل البيـانات نسبـة المواد العضـوية وأكـاسـيـد الحـديد والمنجنيـز ، ونوعـيـة الصـخـور المتكشفة في الجوار ، إضافة إلى قيمة الرقم الهيدروجيني للمياه .

مما يـجــدر ذكــره أن هذه الطـريقـــة أستغلت بنجاح كبير في مناطق عديدة من الدرع العربي حيث أمكن بواسطتها ـ على سبيل المثال ـ العثور على صخور من الطف البركاني (Volcanic Tuff) المتمعدن الذي يحتوى على ٢٠٪ من الزنك على مقربة من منجـم الأمـار ، كـمـا أمكن تحـديد نطاقين غنيين بـعنصـر التنجـستن (Tungsten) في منطقـة الحناكـيـة . ويجـري الآن تقـيـيم إسـتـخـدام هذه الطـريقـة في البـحث عن مجموعـة عناصر البلاتين (PGE) في أنحاء متفرقة من الدرع العربي ، وذلك من خلال أحد الأبحـاث التطبيـقـيـة الممولة من قبل **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** ، وتدل النتـائج الأولية من هذا المشـروع على نجاح هذا الأسلوب في تحديد المناطق الغنية بمعـــادن البـــلاتين والبـــلاديوم والنيكل والكروم والنحاس .

● مسح التربة

عندما يُظْهِرْ مسح رواسب الوديان تجمعاً من القيم الشاذّة في منطقة صغيرة نسبياً فإن الخطوة المنطقيـة التـالية هي جمع عينات من التـربة بشـكل شـبكي (Grid Sampling) حـول ذلك الموقع لتـحـديد المصدر الأولي لأي تمعدن متوقع .

ومن الأنسب أن تؤخـذ عـينات التـــربـة على عـــمـق لايقل عن ٣٠ ـ ٥٠سم وذلك بـإســتـــخـــدام الحـفـار اليـدوي (Hand Auger) ثم يتم ترقيمها وتدوين أوصافها من حـيث النوع واللـون ونسـبـة المواد العضوية .

بعد تحليل عينات التربة توقع قيـمـهـا على خـريطة جـيـولوجـيـة مفـصلة بحيث يمكن تحـديد الوحدة الصــخـــرية المســؤولـة عن القـــيم الشـاذة للعنصر المستهدف ، ومـن ثم أخــذ عـينات من صـــخـــورها بإســتـــخـــدام الخنادق الطوليـــة (Ternching) أو الحـفـر (Drilling) إذا كانت طبقـة التربـة سـميكـة نسـبيـاً ، ويوضـح شكل (٤) ، التـسـلسل المثــالي لخطوات الإستكشاف الجيوكيميائي بإستخدام عينات التربة التي تتلخص فيما يلي :

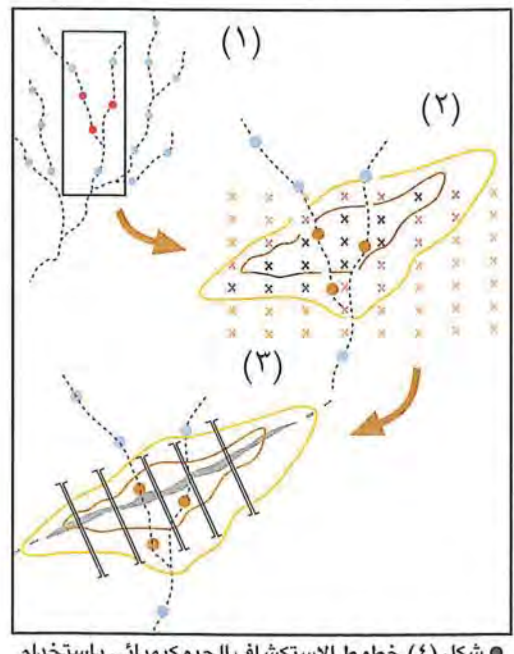
١ ـ أخـــذ عـــينات من رواسب الوديـان وتحليلهـا ، ومن ثم تحـديد القـيم الشـاذة (أحمر) والقيم الخلفية (أزرق).

٢ ـ إجراء مسح شبكي للتربة حول منطقـة القـيم الشـاذة بحيث يتـضح بعد تحليل العـينات مـحـتوى كل منهـا من العنصـر المستـهدف (درجـة اللون تدل على تركيـز العنصـر في العـينة) حـيث يـحـيط الخط الأحـمر بالمنطقة ذات التراكيز الأعلى، أما الخط الأصفر فيحيط بالمنطقة ذات التركيز الأقل نسـبيـاً مما ينتج عنه شكلاً تقـريبيـاً لموقع وإتجاه النطاق التمعدني .

٣ ـ حـفـر عـدة أخـاديد طويلـة تتقـاطع مع التمـعدن المحتمل بزاوية قـائمة حيث يتم العثـور الفعلي على الجسم المتمعدن (اللون الرمـادي) وتقدير إمتداده المتوقع (الخط الرمادي المتقطع).

● المسح المائي والنباتي

يقـصـــد بـالمسـح المائـــي والنبـاتي (Water and Vegetation Surveys) إستخدام بعض أنواع النبـــاتـات فـي الكشف عـن الخـــامـات المعـدنيـة ، وهو مـــايعـرف بالإستكشاف الجيوكيميائي الحيـوي (Biogeochemical Exploration) ويرتكز



● شكل (٤) خطوط الإستكشاف الجيوكيميائي بإستخدام عينات التربة ورواسب الوديان

الأســاس العلمي لهـذه الطريقـة على أن التركيب الكيميائي للتربة يحدد بشكل كبير نوعية النباتات التي تنمو فيها ، فنجد بعض أنواع النبات ذات قـابلية للنمـو في التربة المحتوية على عناصر ذات سمية عالية مثل الرصـاص والزئبق والنيكل ، فتـصبح في هذه الحـالة دليـلاً مـبـاشـراً على وجـود التـمـعدن لهـذه العناصر في الصخـور الموجودة أسفل ذلك الجزء من التربة .

وتحـفل مـقـالات الإسـتـكشـاف الجـيوكيميائي الحـيـوي بأسماء العشرات من أنواع النبـاتـات التـي يمـكن أن تركـز بعض العناصر فـي جزئها الخضري (خاصة الأوراق والأفرع الصـغـيـرة) إلى حـد يعـادل أضعـاف تركيز تلك العناصر في التربة ، لأن شبكة الجذور لتلك النباتات تمتص الأيونات الذائبة من منطقـة كبيرة نسبياً ، فعلى سـبيل المثال وُجد أن أوراق بعض انواع الشـجيرات النامـيـة فَـوق نطاق إينداكـو (Endako) الغني بالموليـبـديـنوم (Molybdenum) بقـرب كندا تحـتـوي على حــوالي ٧٥ر١٪ من وزنـهـا الجاف من هذا العنصر .

● المسح المائي والغازي

يمكن إسـتـخـدام المسح المائي والـغـازي (Water and Vapour Surveys) إذا تهـيـأت الظروف المناسـبة لإسـتخـدام مـياه الأنهـار والآبار أو اليـنـابيـع في مــــايعــــرف بالإستكشـــاف الهـيـدروجيــوكيميائي (Hydrogeochemical Exploration) ، حـيث تكون تلك المياه (خـاصـة المياه الجـوفـيـة) مشبعة بأيونات العناصر المستهدفة نتيجة تماسها مع الخام لفترة طويلة .

ويتم في هذه الحـالة جمـع العينات في أنابيت بلاسـتيكية غسلت مسبقاً بحامض غير معدني لإزالة أي تلوث طفيف بها ، ثم تغسل مرة أخرى من مياه البئر نفسها عدة مرات ، واخيراً يضاف إلى عينة الماء قطرات من مادة حـمضـيـة لمنع ترسب العناصر الذائبة بها حتى نقلها إلى المختبر .

من مميـــزات هذه الطريقـــة أنهـــا لاتسـتــوجب طحن أو إذابة العـينة قـبل التحليل الكيميائي ، وأن العينة تكون ممثلة لمنطقة كـبيـرة نسـبيـاً ، ولـكن رغم كل هذا فـإنها ستظل ذات أهمية قليلة نسبياً نظراً لصـعوبة الحـصول على عينات ملائمة في كـثـيـر من الأحـيـان ، إضـافـة الى المحـتـوى الضئيل للعناصر المسـتـهدفة (عدة اجزاء من البليـون عادة) حتى في تلك المياه التي تنبع من نطـاقـات مـتـمـعـدنة ، مما يسـتـوجب إسـتـخدام وسائل تحليل مـتقدمة وعـالية التكلفــة ، وهـناك بعض العنـاصــر والمواد الـغـــازيـة او المتطايـرة (Volatile) والتـي يحتمل أن تكون منبعثة من معادن ذات قيمة اقتصادية يمكن تحديد تراكيزها في عينات من الهواء الجوي ، ويعد الزئبق (Mercury) اكثر العناصر المستخدمة في هذه الطريقة حـيث يمكن أن يـسـتـخـدم فـي البـحث عن خامـات معـادن الكبريتـيدات (Sulphides) ، وفي السنوات الأخيرة شاع أيضاً إستخدام ثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين لنفس الغرض ، كما يمكن إسـتخدام عناصر الرادون (Radon) والهـيـليـوم (Helium) لتحديد مواقع تمعدن عنصر اليورانيوم .

● المسح التوجيهي

عنـد البـدء ببـرنامج لـلإسـتكشــاف الجيوكيميائي في بيئة جيولوجية جديدة يسـتحـســن إجــــراء مســح توجـيـهي (Orientation survey) في البـداية لمعـرفـة تأثير عدد من المتغيرات مـثل حجم الحبيبات في عـينة التـربة والـعمق الذي تؤخـذ منه العـينة والمسـافـة بين كل عـينة وأخـرى بالاضــافـة الى مـحــاولة التـعــرف على العنـاصــر الدليلة (Pathfinder Elements) والتي تكون على ارتبــاط وثيق بالعنصـر المستهدف في تلك البيئة .

ولعل أوضح مـثـال على أهمـيــة المسح التوجـيـهي مـايـواجـه العـاملين فـي المناطق الصــحــراوية من تلـوث التــربة بالرمــال المنقولة بالرياح ، حيث يؤدي ذلك إلى حجب القيم الشاذة أو خفض التبـاين بينها وبين القيم الخلفية ، ونتيجة للدراسات التوجيهية المخـتلفـة التي أجـريت في عدة مـناطق من الدرع العــربي تم التـوصل إلـى أن أفـضل حجم للحبيبات في عينة التربة المأخوذة من المناطق السـهلية في وسط وشـمـال الدرع العـربي هو مـابين ١ـ٥ ملم ، أمـا في المناطق الجـبلية غـرب وجنوب الدرع فـإن الحـجم الأمـثل يتـراوح مـا بين ٣ر. إلى ١ ملم نظراً لقلة كمـيات الرمال المنقولة بالرياح . إضـافة إلى هذا فــقــد دلت الدراســة التي تمولـهـا **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** حول إستكشاف البلاتـين في الدرع العربي على أن عناصـر النيكل والكروم والكوبالت تكون مـصـاحـبـة بشكل وثيق لمجـمـوعـة عناصـر البلاتين (P G E) مما يجـعل منهـا عناصـر دليلة ذات اهمـية فـائقة في مـراحل الإستكشاف الأولى .

طرق التحليل الكيميائي

لايكتـمل الحـديث عن الإسـتكشـاف الجيـوكيمـيائي بدون شـرح مـبسط لطرق التـحليل الكيميائي (Chemical Analysis) المسـتـخـدمـة في الحـصـول على تراكـيـز العناصـر المسـتهدفة ، حيث أنها تلعب دوراً اساسـياً في تحديد التكلفـة النهائية لبرنامج الإستكشاف ، وقد يؤدي سـوء اختيارها إلى عدم التمكن من رصد القيم الشاذة في بعض الحــالات ، ويمكن حــصــر طرق الـتـحـليل الكيمـيائي الأكثـر اسـتخـدامـاً في مـجـال الإستكشاف الجيوكيميائي فيما يلي :ـ

● التحليل اللوني

تعـتـمـد طريقـــة الـتـحليل اللـــــوني (Colorimetry) على مـبدأ تغيـر لون المحلول المسـتخـرج من العينة بناء على مـحـتـواه من العنصـر المراد تحليله ، وعـادة يـتم زيادة هذا التغير اللوني بـإضافة مـواد عضـوية كاشـفة ومن ثم إسـتـــخــدام مطيــاف ضـــوئي (Spectrophotometer) لتحـديد تركـيـز ذلك العنصر بطريقة كمـية ، وقد أسـتخـدمت هذه الطريقة في السابق لتحليل عناصر مثل الذهب والموليبدينوم والقصدير ولكنها قلما تستخدم الآن نظراً لدقتها المنخفضة ، ولوجـود أساليب أخرى أكثر تقدما وبكلفة مادية أقل .

● الإمتصاص الذري

تبـدأ طريقـة الإمــتـصـاص الـذري (Atomic Absorption Spectrophotometry) بإذابة العـينة في مـحلول حـمـضـي مناسب يتم بعدها ضخ مقدار ضئيل منها على شكل رذاذ وتسـخـينه بواسطة شـعلة من اللهب يمر بعدها شـعـاع ضـوئي ذو طول مـوجي ثابت ، تقوم الأيونات المهيَّجة للعنصر المراد قـيـاسـه بإمـتصـاص جـزء من هذه الأشـعـة الضـوئيـة بما يتناسب مع تركـيـزها في المحلول ، يـتم بعـد ذلك قـيـاس هذا المقـدار الممتص عن طريق مطياف ضوئي ، ومن ثم تحـديد تـركـيـز أيونـات ذلك العنصـر في

المحلول ، ورغم عدم إمكانية تحليل أكثر من عنصر واحد في كل مرة ، فإن هذه الطريقة تظل من أنسب وسائل التحليل في برامج المسح الجيوكيميائي نظراً لكونها طريقة سريعة وقليلة التكلفة وذات دقة عالية .

● تفلُّر الأشعة السينية

تعد طريقة تفلُّر الأشعة السينية (X- ray Fluorescence) مكلفة نسبياً ولكنها تتيح تحليل جميع العناصر الرئيسية (Major Elements) وعدد كبير من العناصر النادرة (Trace Elements) دفعة واحدة ، وفي هذه الطريقة يتم تحضير العينة بعد صهرها على شكل قرص زجاجي تسلط عليه حزمة من الأشعة السينية مما يؤدي إلى تنشيط الذرات ، فتطلق بدورها أشعة سينية ثانوية بأطوال موجيه مختلفة ، فيتم رصدها عن طريق مطياف (Spectrometer) للتعرف على العناصر المصدرة لها ومقدار تراكيزها في العينة .

● الحث البلازمي

البلازما (Plasma) عبارة عن غاز متأين ذو درجة حرارة عالية جداً يمكن إستخدامه لتنشيط ذرات العناصر المراد تحليلها ، تطلق هذه الذرات المهيجة اشعاعات كهرومغناطيسية يمكن رصدها عن طريق المطياف لتحديد تراكيز تلك العناصر .

تعد طريقة الحث البلازمي (Inductively Coupled Plasma Spectrometry) مكلفة نسبياً ولكنها مفيدة للغاية في تحليل بعض العناصر التي توجد في تراكيز تصل إلى جزء واحد من البليون أو أقل .

● التنشيط النيوتروني

تتطلب طريقة التنشيط النيوتروني (Neutron Activation) وضع العينة في مسار نيوترونات مسرعة (غالباً داخل مفاعل نووي) لتحويل ذراتها إلى نظائر مشعة ، ثم رصد أشعة جاما (Gamma Rays) التي تنطلق من هذه النظائر لتحديد تراكيز العناصر المطلوبة بدقة عالية تصل إلى أقل من جزء من البليون . وقد أصبحت هذه الطريقة ـ رغم كلفتها العالية نسبياً ـ من الأساليب الشائعة في الكشف عن العناصر النادرة مثل الذهب والبلاتين .

عالم في سطور

أبو العلاء زهر بن زهر

● **الاسم :** أبو العلاء بن أبي مروان عبدالملك بن محمد بن مروان ابن زهر.

● **مكان الميلاد :** المغرب العربي.

● **تاريخ الميلاد :** غير معروف على وجه التحديد.

● **تاريخ الوفاة :** عام ٥٢٥ هـ.

● **المجال العلمي :** الطب.

● **صفاته :** يعد من الأطباء المتفوقين في زمانهم لتمكنه من صناعة الطب وموهبته العظيمة في التشخيص الإكلينيكي ، وقد اشتهر برفقه بالمرضى وفائق العناية بهم، وكانت لديه قدرة فائقة على تشخيص الداء بمجرد النظر إلى عينة البول أو فحص النبض ، وكانت لديه إبداعات في مداواة المرضى ومعرفة أحوالهم ، وتشخيص آلامهم وأمراضهم ، وقد نبغ إلى جانب الطب باللغة والأدب.

● **دراسته :** درس أبو العلاء على أبيه أبي مروان عبدالملك بن زهر.

● **حياته :** عاش أبو العلاء بن زهر أيام دولة المرابطين ، وحظي بإهتمامهم ووصل في عصرهم إلى منزلة رفيعة وسامية.

● **أعماله :** عمل طبيباً ووزيراً في دولة المرابطين ، وكتب العديد من المؤلفات ، ويقال إنه من أعظم الأطباء الأكلينيكيين في العالم الإسلامي.

● **مؤلفاته :** ترك أبو العلاء ثروة كبيرة من المؤلفات القيمة في الطب من أهمها:

١ـ كتاب النكت الطبية ، ويعرف بكتاب التذكرة.

٢ـ كتاب جامع أسرار الطب.

٣ـ كتاب الأدوية المفردة.

٤ـ كتاب حل شكوك الرازي عن كتاب جالينوس.

٥ـ كتاب الإيضاح بشواهد الإفتضاح ، وهو رد على ما كتبه إبن رضوان عن حنين بن إسحاق.

٦ـ مقالة يرد فيها على إبن سيناء.

٧ـ مقالة ينتقد فيها رسالة يعقوب بن إسحاق الكندي عن تركيب الأدوية.

٨ـ كتاب الخواص.

٩ـ كتاب مجربات.

المصادر :ـ

ـ كتاب أعلام حضارتنا ، د. فاضل العبيد عمر .



الثروة المعدنية بالمملكة

أ. غازي جميل عبد الحي

شجعت حكومة المملكة العربية السعودية الاستثمار والتنمية في مجالات مختلفة منها الزراعة، والصناعة، والتعدين، ايماناً منها بارساء التوازن الاقتصادي وتنويع مصادر الدخل القومي الذي يعتمد في الأساس على النفط.

دلت الدراسات والأبحاث على وجود مؤشرات مشجعة إقتصادية للعديد من المعادن الفلزية مثل الذهب، والفضة، والنحاس، والمعادن اللافلزية مثل الفوسفات، والبوكسايت، والجبس، ورمال السيليكا، والحجر الجيري، والبنتونايت، والبازلت، والمغنزايت، والكاولين.

وقد حرصت وكالة وزارة البترول للثروة المعدنية على وضع الخطط والبرامج اللازمة للمسح والتنقيب عن هذه المعادن الفلزية، واللافلزية وتحديد الاحتياطي وعمل الدراسات اللازمة لاستغلال هذه الخامات محلياً وتصدير الفائض منها.

ونتيجةً لذلك يوجد حالياً منجمين للذهب هما منجم مهد الذهب ومنجم الصخيبرات ينتجان مايقارب ٦ طن ذهب في العام، وسوف يتم في خلال السنوات القادمة افتتاح منجمين آخرين للذهب هما الأمار والحجار، أما في مجال المعادن الصناعية فهناك العديد من الاستثمارات المحلية لاستغلال الخامات الصناعية مثل الجرانيت، والرخام، والحجر الجيري، ورمال السيكليا، والجبس.

بدأت النشاطات التعدينية بالدرع العربي لشبة الجزيرة العربية مبكراً في عهد الخلافة العباسية (١٣٢-٦٥٦هـ)، وذلك وفقاً لتحليل وقياس كربون الفحم في الخبث، وكذلك من المخطوطات والنقوش وبقايا الزجاج والفخار الموجودة في العديد من المناجم القديمة.

بدأت أعمال التعدين في المملكة في الخمسينيات الميلادية من القرن العشرين حيث تم إستغلال منجم مهد الذهب بين عامي ١٩٣٩م و ١٩٥٤م، وفي عام ١٩٦٠م تم إنشاء المديرية العامة للثروة المعدنية وتم تغير اسمها بموافقة سامية إلى وكالة الوزارة للثروة المعدنية عام ١٩٩٣م، وهي الجهة المكلفة بالبحث والتنقيب عن المعادن، ونتيجة للأبحاث والمسوحات الجيولوجية فقد تم التعرف على كثير من المواقع المعدنية الفلزية ذات المردود المادي الاقتصادي الجيد مثل الذهب، والفضة، والنحاس، والحديد، واللافلزية مثل الفوسفات، والجبس، والطين، والجرانيت.

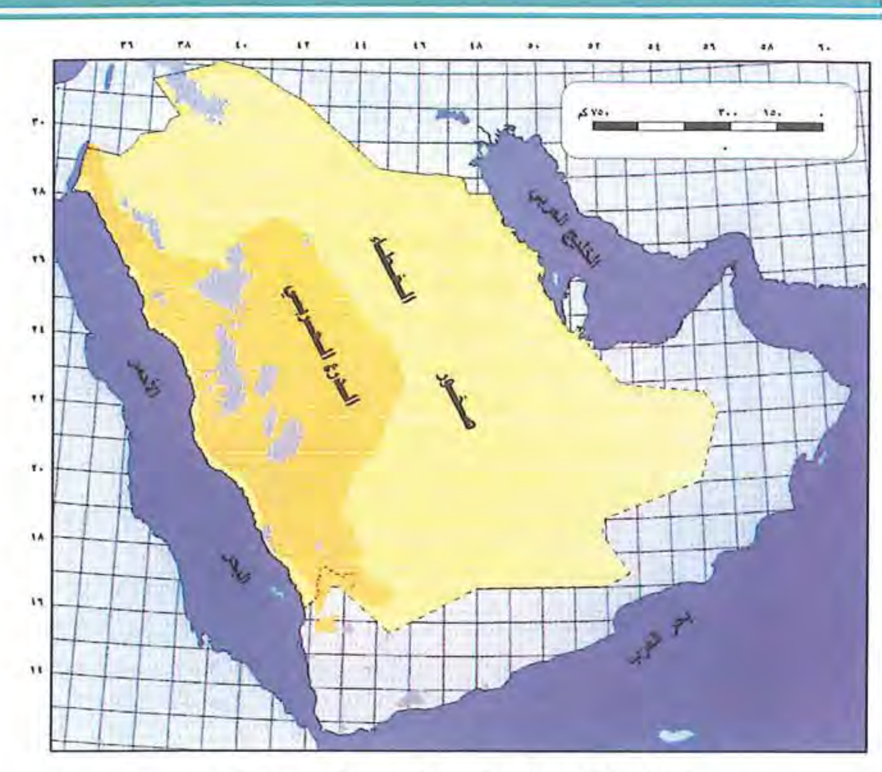
أفتتح منجم مهد الذهب في عام ١٩٨٣م بعد أن أكدت الدراسات وجود احتياطي يقدر بحوالي ١ر٢ مليون طن بدرجة تركيز ٣٠جم/طن، بالإضافة إلى النحاس والزنك والرصاص والفضة بنسب مختلفة، وقد بدأ الإنتاج الفعلي للمنجم عام ١٩٨٨م ولازال الإنتاج مستمراً، وفي عام ١٩٨٦م انتهت دراسة الجدوى الاقتصادية لمنجم الصخيبرات حيث قدر الإحتياطي بحوالي ٨ مليون طن بدرجة تركيز للذهب ٥ر٢جم/طن، وفي مايو من عام ١٩٩٢م بدأ الانتاج الفعلي للمنجم ولازال الانتاج مستمراً، وفي عام ١٩٨٧م قامت وكالة الوزارة بالبحث والتنقيب عن الذهب في مكمن الحجار وقدر الاحتياطي بحوالي ٥ مليون طن بدرجة تركيز ٥٣ر٢جم/طن، وفي عام ١٩٨٨م صُبّت أول سبيكة ذهبية تجريبية لمكمن الحجار، وفي عام ١٩٩٠م قامت وكالة الوزارة بعمل دراسة ماقبل الجدوى الاقتصادية لمنطقة حمضة وأمكن تقدير إحتياطي المنجم بحوالي ٩١١ الف طن بدرجة تركيز ٣ جم / طن للخام السطحي، و٦٠ الف طن بدرجة تركيز ١٩جم/طن للخام تحت السطحي، وصُبّت أول سبيكة ذهبية تجريبية للمكمن عام ١٩٩٠م. وفي مطلع عام ١٩٩٣م بدأت دراسة الجدوى الاقتصادية لمنجم الأمار ولازالت الأعمال مستمرة لتقييم الخام بوساطة منجم مهد الذهب، وفي عام ١٩٨٦م بدأت دراسة الجدوى الاقتصادية لراسب النحاس في جبل صائد حيث قدر الاحتياطي بحوالي ٦ر٢٣ مليون طن بدرجة تركيز ٥ر٢٪ نحاس.

هذا ولازالت وكالة الوزارة بصدد الدراسة والبحث والتنقيب في كثير من المواقع سواء كانت مناجم قديمة أو اكتشافات جديدة وإعداد دراسة ماقبل الجدوى الاقتصادية، ودراسة الجدوى الاقتصادية للمكامن المعدنية الهامة بهدف استغلالها.

ومن ناحية أخرى قامت وكالة الوزارة للثروة المعدنية بتقييم العديد من المناطق حيث تم دراسة الجدوى الاقتصادية لمشروع الفوسفات، وقدر الخام بحوالي ٢١٣ مليون طن بنسبة تركيز ٢١٪ خامس أكسيد الفوسفور، وفي عام ١٩٩٣م انتهت دراسة ماقبل الجدوى الاقتصادية لمشرع البوكسايت لمنطقة الزبيرة حيث قدر الاحتياطي بحوالي ١٠٢ مليون طن من الخام بنسبة تركيز ٠٤ر٥٨٪ ثالث أكسيد الألمنيوم.

جيولوجية المملكة

تنقسم جيولوجية المملكة إلى قسمين اساسين هما الدرع العربي وصخور



● شكل (١) جيولوجية المملكة العربية السعودية .

الغطاء، شكل (١)، ويمكن توضيحهما كما يلي:

● الدرع العربي

يعد الدرع العربي جزءاً من الدرع العربي النوبي الذي أنفصل بوساطة أخدود البحر الأحمر في أوائل العصر الثلاثي ، وهو يتسع في الوسط إذ يبلغ عرضه حوالي ٧٠٠ كم ، ويضيق في الشمال والجنوب حيث يتراوح عرضه مابين ٥٠ إلى ٢٠٠ كم ، وقد اندثرت معظم الصفات الأولية والأصلية للدرع العربي نتيجة لحركات التشوه والتحول الاقليمي من نشأته الأولى.

قدرت أعمار صخور الدرع العربي مابين ١٠٠٠ و ٤٥٠ مليون سنة (من الأقدم إلى الأحدث) ، وهي تتكون أساساً من نوعين من الصخور هما :

* **صخور متطبقة :** وتشمل جميع أنواع الصخور البركانية والبركانية الفتاتية التي يتراوح تركيبها بين القاعدي إلى الحامضي، والصخور الرسوبية الأخرى التي يمكن أن تكون قد ترسبت في أحواض فتاتية أو ترسبت على اليابسة .

* **صخور جوفية محقونة :** وتوجد على أشكال قاطعة للصخور المتطبقة ، ويتراوح تركيبها بين فوق القاعدي (مثل الدونيت) إلى القاعدي مثل (الجابرو) أو المتوسطة مثل (الديورايت) إلى الحامضية مثل (الجرانيت) .

● صخور الغطاء

تسمى صخور الغطاء بالرف العربي ، وهي عبارة عن صخور رسوبية ـ مكونة من الحجر الرملي ، والحجر الجيري ، والطباشيري ، والطيني ، والغرين ، والطفلي ، والدولوميتي ـ تتراوح أعمارها بين دهر الحياة القديمة إلى دهر الحياة الحديث ، وهي تغطي ثلثي مساحة المملكة، وتظهر صخور الغطاء في شرق وشمال المملكة على هيئة أحزمة قوسية تشكلها الجروف المتوازية المواجهة للغرب ، وتميل الصخور الرسوبية نحو الشرق بين ٢ إلى ٤ درجات . ويعد السهل الشرقي للمملكة (الخليج العربي) جزءاً من الرصيف العربي ، وقد تشكل خلال العصر الثلاثي وماتلاه من عصور . وتحتوي الصخور السطحية لهذا الجزء على تكوينات من الصخور الرسوبية التي تمتد من عصر الباليوسين حتى الإيوسين الأوسط . وتشتمل على عدة متكونات هي : أم الرضمة ، وأم الروس ، والهدورك ، واللدام . ويوجد في هذا السهل عدة محاور لطيات محدبة تحتوي على حقول البترول مثل الغوار ، وبقيق ، والقطيف.

المعادن الفلزية بالمملكة

تنتشر في مناطق الدرع العربي والغطاء الرسوبي بالمملكة عدة معادن فلزية ذات أهمية اقتصادية كبيرة منها :

● الذهب

يعد الذهب أكثر المعادن انتشاراً ، وتم تسجيل أكثر من ١٠٠٠ موقع للذهب بالدرع العربي ، ويتواجد الذهب في عدة هيئات هي :

١ـ كتل متشابكة من عروق المروالمحتوية على تمعدن الذهب والفضة ومعادن الأساس المتواجد في صخور بركانية رسوبية مثل مهد الذهب والأمار .

٢ـ رواسب الكبريتيد المؤكسدة ذات الأصل البركاني الرسوبي المحتوية على تمعدن الذهب في هيئة حبيبات منتشرة في النطق العلوية لخام الكبريتيد كما في مواقع الحجار ، وجدمة ، وشعيب الطير.

٣ـ صخور نارية جوفية تتميز بوجود نطق تمزق وعروق مرو ينتشر بها مصحوباً بمعدن البايريت والأرسينوبايريت مثل

الموقع	الموقع الجغرافي	الاحتياطي
مهد الذهب	٣٨٠كم شمال شرق مدينة جدة	١,٢ مليون طن بدرجة تركيز ٣٠ جم ذهب/طن
الأمار	٢٠٠كم جنوب غرب مدينة الرياض	٣,٥ مليون طن بدرجة تركيز ٧ جم ذهب / طن
الحجار	٦٠ كم غرب مدينة بيشة بمنطقة عسير	٥مليون طن بدرجة تركيز ٢,٥٣ جم ذهب/طن ويتواجد الخام في الجزء العلوي المتأكسد
الصخيبرات	٢٥٠كم شمال شرق المدينة المنورة	٨ مليون طن بدرجة تركيز ٢,٥ جم ذهب/طن

* جدول (١) أهم مواقع واحتياطي الذهب بالمملكة .

الموقع	الموقع الجغرافي	الاحتياطــــي
النقرة	٢٣٠ كم شمال شرق المدينة المنورة	مليون طن بدرجة تركيز تتراوح بين ٣٣٢-٤٦٦ جم فضة/طن
سمرا	١٥ كم جنوب غرب الدوادمي	٢٧٨ ألف طن بدرجة تركيز ٦٥١ جم فضة/طن
مهد الذهب	٣٨٠ كم شمال شرق مدينة جده	١,١ مليون طن، بدرجة تركيز ١٦٧ جم فضة/طن

* جدول (٢) أهم مواقع واحتياطي الفضة بالمملكة .

موقعي الصخيبرات وظلم .

٤- رواسب الأودية والأنهار خصوصاً في الرمال والحصى المتفككة مصاحباً لبعض المعادن الثقيلة كما في موقعي بلوى، ومريجيب .

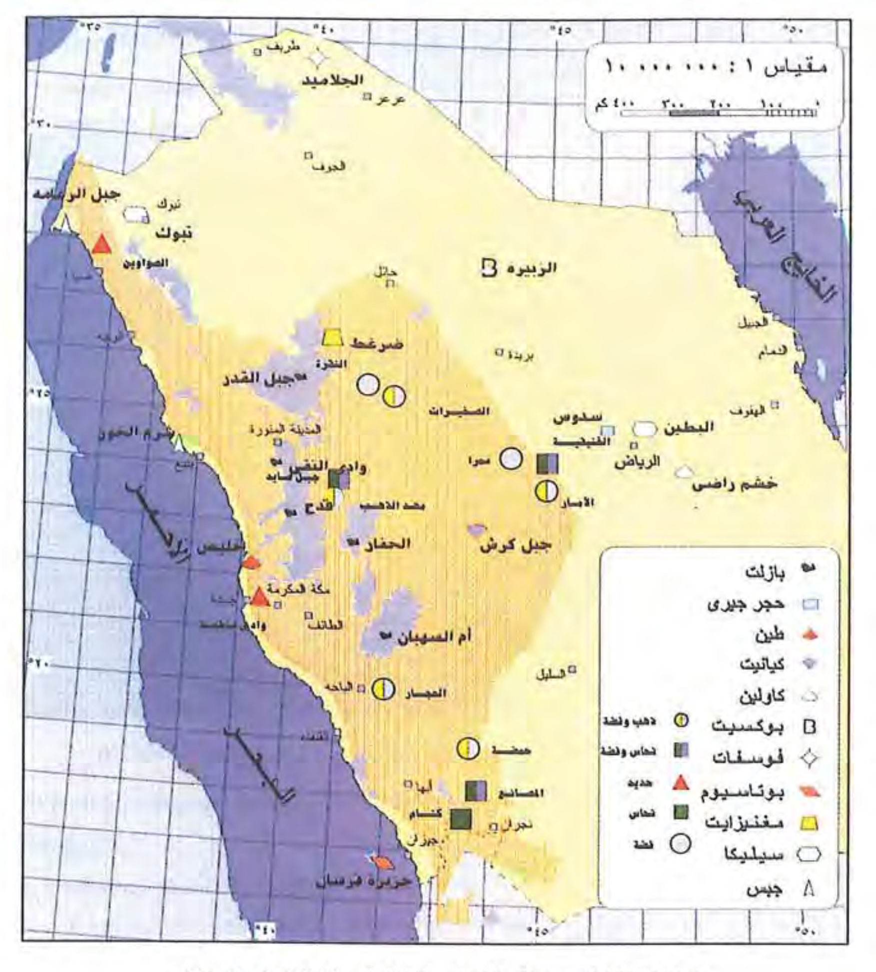
وفضلاً عن ذلك فإن الذهب قد يشكل ناتجاً ثانوياً ذو قيمة إقتصادية في عمليات تعدين رواسب الكبريتيد الكتلية ذات الأصل البركاني الرسوبي المحتوية على معادن الأساس، ومثال ذلك موقعي المصانع والنقرة .ويوضح الجدول (١)، والشكل (٢) أهم مواقع الذهب بالمملكة.

يستخدم الذهب في عدة صناعات أهمها صياغة الحلي والمجوهرات، وفي فك النقود كغطاء للعملات الورقية في العصر الحديث، والصناعات الالكترونية والكهربائية الدقيقة والأجهزة الطبية وأجهزة الاتصالات والمواصلات مثل محركات الطائرات والسفن الفضائية، كما تطلى به هوائيات الأقمار الصناعية لتوصيله الجيد للحرارة والكهرباء ولمقاومته لعوامل التعرية .

الفضة

تعد الفضة من أهم المعادن بعد الذهب، وتتواجد في الجزء الشمالي، والشمالي الشرقي من الدرع العربي كما في مناجم سمرا، وسدرية، ومرجان، وأم حديد، والنقره، بالإضافة إلي أن الفضة مصاحبة للذهب في كثير من المواقع مثل مهد الذهب، والحجار، وجدمة. ويوضح الجدول (٢)، والشكل (٢)، أهم مواقع الفضة بالمملكة.

تستخدم الفضة في صناعة أفلام التصوير الفوتوغرافي، وفك العملات، وصياغة الحلي والمجوهرات .



● شكل (٢) أهم مواقع المعادن الفلزية واللافلزية بالمملكة .

النحاس والزنك

يعد النحاس والزنك من أهم المعادن الأساسية المتواجدة في المملكة، ويعد جبل صايد، والخنيقية وكتام، من أهم مواقع المعادن الأساسية. جدول (٣)، و شكل (٢) .

يستخدم النحاس في عدة صناعات منها:-

الموقع	الموقع الجغرافي	الاحتياطــــي
جبل صايد	٤٥ كم شمال منجم مهد الذهب و٤٠٠ كم شمال مدينة جده	٢٠ مليون طن بتركيز ٢,١٨٪ نحاس
المصانع	٧٥ كم شمال نجران	٦,٣٨ مليون طن بتركيز ١,٥٦٪ نحاس
كتام	٦٠ كم غرب نجران	٤ مليون طن بتركيز ١,٥٦٪ نحاس
الخنيقية	١٨٠ كم جنوب غرب مدينة الرياض	١,٨٥١ مليون طن بتركيز ٠,٨٩٪ نحاس و١٥,٢٦٪ زنك

* جدول (٣) أهم مواقع واحتياطي النحاس والزنك بالمملكة .

* **صناعة الكهرباء** : حيث تستهلك كميات كبيرة منه في صناعة أسلاك المولدات الكهربائية، وفي كابلات توصيل الطاقة الكهربائية .

* **اللحام بالنحاس:** ويعد من اقدم الصناعات التي استخدمها الحدادون وصانعوا المجوهرات والدروع والأسلحة وأصحاب الحرف اليدوية .

* **خلطات النحاس** : ومنها :-

- خلطة النحاس والنيكل والزنك للحصول على خلطة تستخدم كأساس لتغطية آنية الطعام مثل الأطباق والملاعق والسكاكين .
- خلطة البرونز والفسفور والقصدير للحصول على خلطة تمتاز بدرجة عالية من المرونة وسهولة التكيف والثبات والبقاء مما يجعلها ملائمة لصناعة الزنبرك - الذي له القدرة على استعادة حجمه بعد الضغط - وصناعة الأغشية أو الصفائح الرقيقة المسامية التي تفصل بين السوائل كما في البطاريات .

ـ خلطة البرونز والسيليكون ومعادن أخري مثل الرصاص و القصدير والزنك ، وتتميز بالقوة والمقاومة الشديدة للاحتكاك مثل الفولاذ، وتستخدم في إنتاج المعدات اللازمة للمنشآت الكيميائية التي تتعرض إلى محاليل تساعد على سرعة تآكل المعادن .

ـ خلطة البرونز والنحاس والألمنيوم مع نسبة من الزنك والسيليكون، وتتميز هذه الخلطة بالمقاومة الشديدة للتفاعلات وتستخدم في المصافي ومعامل تكرير الملح.

من جانب آخر يدخل الزنك في عدة صناعات هي :

ـ إنتاج النحاس الأصفر (Brass) ، ويستخدم لذلك حوالي ٢٠٪ من إنتاج الزنك .

ـ أغلفة أعمدة البطاريات الجافة .

ـ الاشكال الجمالية ومقابض أيدي الابواب والمعدات والموتورات وقطع غيار السيارات وخاصة خلاطات الوقود ، وقطع غيار المكائن ذات السرعة العالية .

ـ الرافعات والتروس والصفائح المعدنية وألواح السيارات .

ـ المركبات الكيميائية مثل أكسيد الزنك.

ـ الأصباغ وتبييض المطاط ، والدهانات الخارجية للمباني .

ـ تحسين المقاومة الكهربائية للمواد العازلة .

ـ صناعة الرادار والتليفزيون .

● الحديد

يتواجد الحديد في العديد من المواقع بالمملكة جدول (٤) ، وشكل (٢) ويعد حديد وادي الصواوين من أهم مواقع الحديد بالمملكة ذات القيمة الاقتصادية العالية.

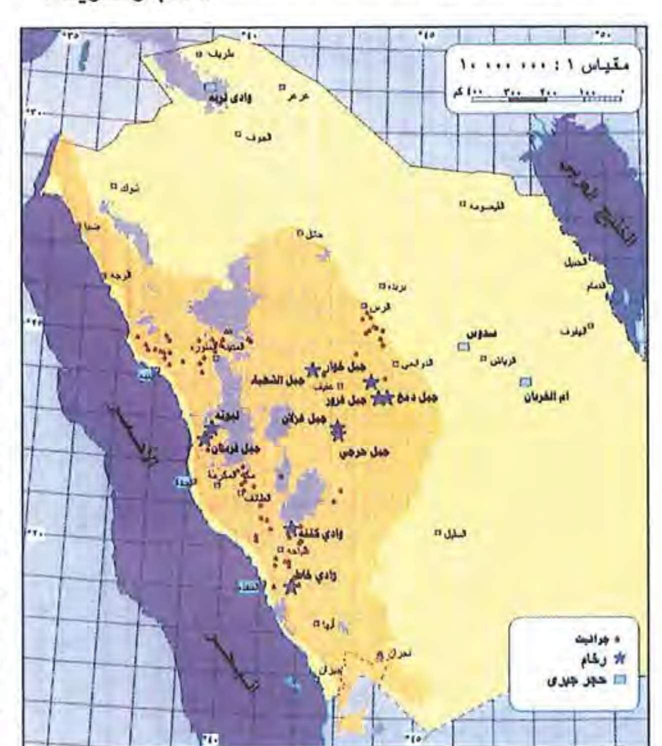
يستخدم الحديد في صناعة الصلب كخام محلي ، كما أن له صناعات كثيرة ومتعددة منها صناعة السيارات ، والقطارات ، والمنشآت المعمارية .

المعادن اللافلزية بالمملكة

يوجد العديد من المعادن اللافلزية الهامة في مواقع مختلفة بالمملكة ، شكل (٢) يمكن تقسيمها على النحو التالي :

● المعادن الصناعية

هناك العديد من المعادن الصناعية ذات الانتشار الواسع في الطبيعية منها ماهو موجود بكثرة في العالم مثل رمال السيلكيا والطين ، ومنها ماهو نادر مثل الاحجار الكريمة .



● شكل (٣) أهم مواقع الجرانيت والرخام والحجر الجيري بالمملكة .

تتميز المعادن الصناعية بأهميتها الكبيرة إذ تستخدم في صناعات متعددة وتشكل القاعدة الأساسية لجميع المواد التي يستخدمها الإنسان، وهي إما أن تدخل بشكل مباشر في الصناعات مثل صناعة الأسمنت ، والدهانات، والزجاج، أو غير مباشر حيث تستخدم منتجاتها مثل الحراريات ـ في تبطين أفران الأسمنت والحديد ، ومنتجات المواد الكيميائية المستخدمة في صناعة الأدوية.

الموقع	الموقع الجغرافي	الاحتياطي
الصواوين	١٠٠ كم جنوب غرب مدينة تبوك	٨٤ مليون طن بدرجة تركيز ٤٢,٥٪ حديد/طن
وادي فاطمة	٤٠ كم شرق جده في منتصف المسافة بين مكة وجده	٤٨,٤ مليون طن بنسبة تركيز ٤٦,٢٪ حديد/طن

* جدول (٤) أهم مواقع واحتياطي الحديد بالمملكة .

هذا وقد ركزت وكالة الوزارة للثروة المعدنية على دراسة المعادن الصناعية وذلك لسد احتياجات الصناعات المحلية ، حيث بدأت بدراسة مواقع الخامات الأولية لصناعة الأسمنت، وأهم هذه الخامات هي الحجر الجيري ، والطين ، والجبس ، ثم تطور الاستكشاف بتطور الصناعات فتم اكتشاف خامات صناعة الزجاج ، والدهانات ، ومواد البناء ، بأنواعها والتي تعد أهمها صناعة الطوب الأحمر والبلاط .

ويوضح الجدول (٥) والشكل (٢) أهم المعادن الصناعية بالمملكة من حيث موقعها الجغرافي ، والاحتياطات (مليون طن) ، وأهم الصناعات القائمة عليها .

● احجار الزينة

تتوفر أحجار الزينة الطبيعية الملائمة لأغراض الانشاء والتعمير بالمملكة حيث توجد بكميات هائلة وتستخدم بجميع أنواعها في رصف الجسور وأعمال البناء والتشييد مثل الاسوار والمنازل والقصور والقلاع ، وتلبيس واجهات القصور والمنازل سواء كانت داخلية او خارجية .

وتقسم أحجار الزينة إلى ثلاثة اقسام رئيسة :

* **أحجار الجرانيت والجابرو :** وتقع في الجزء الغربي من المملكة حيث تشكل كتل صخرية صلبة ومتجانسة ذات ألوان زاهية تتدرج من اللون الوردي إلى الأزرق والأخضر والبيج والرمادي الفاتح إلى البني الغامق ، وتتركز هذه الأحجار في مناطق المدينة المنورة وجدة ، وينبع ونجران ورنية والرس ومكة المكرمة ويوضح الجدول (٦) أهم مواقع أحجار الجرانيت والجابرو بالمملكة .

* **الرخام:** وهو أقل نتشاراً من صخور الجرانيت ، ويظهر بألوان مختلفة تتدرج

المعدن	الموقع الجغرافي	الاحتياطي	الصناعات القائمة
الفوسفات	منطقة الجلاميد في شمال غرب المملكة (٧٠ كم جنوب شرق مدينة طريف)	٢١٣ مليون طن بنسبة تركيز ٢١٪ خامس أكسيد الفسفور	ـ الأسمدة ـ الفسفور الحراري، وحامض الفسفور ـ المنظفات الكيميائية والمبيدات الحشرية ـ كغذاء للمواشي ـ منظفات الغسيل الصناعية والمنزلية
البوكسايت	منطقة الزبيرة (٢٠٠كم شمال غرب بريده)	١٠٢ مليون طن بنسبة تركيز ٥٨,٠٤٪ أمونيا، و٥,٤٤٪ ثاني أكسيد السيليكون	ـ الصنفرة. ـ الطوب الحراري. ـ أنواع معينة من الأسمنت. ـ الألمونيوم.
المغنزايت	منطقة ضرغط (١٦٠ كم جنوب غرب حائل)	٣,٩٥ مليون طن بنسبة تركيز أكثر من ٨٠٪ أكسيد مغنيسيوم	ـ المغنيسيا المقاومة للصهر ـ أسمدة الكلوريت المؤكسدة ـ المغنيسيا الكاوية
رمال السليكا	جبل برمه وجبل الدغم (٤٠كم شمال شرق مدينة الرياض)	٦٦٠ مليون طن (٩٩٪سيليكا)	ـ الزجاج بأنواعه ـ رقائق السيلكيون ـ الألياف الزجاجية
	جبل فوهه بمنطقة تبوك (٥٠كم غرب مدينة تبوك)	ملايين الأطنان، (٩٩,٢٪سيليكا)	
الكاولين	الزبيرة (٢٠٠كم شمال غرب بريدة)	كميات كبيرة تصل إلى ١٠٠ مليون طن	ـ الورق، والبلاستيك، والسيراميك ـ المطاط، ومواد الطلاء والدهانات ـ الأسمنت الأبيض ـ الأدوات الصحية
	٤٥ كم شرق الخرج	٥٤ مليون طن	
الجبس	مقنا على ساحل خليج العقبة	٣٣ مليون طن	ـ الأسمنت، والعوازل الحرارية ـ حشو الورق ـ الزجاج ـ البويات والصمغ ـ جص باريس
	شرم الخور على ساحل البحر الأحمر (٥٢كم عن ينبع البحر)	٥,٤ مليون طن بدرجة تركيز ٩٠٪ جبس و١٠مليون طن بدرجة تركيز ٨٩٪ جبس فوق منسوب مياه البحر.	
الحجر الجيري	سدوس (٩كم غرب مدينة سدوس)	١٠ مليون طن	ـ الأسمنت البورتلاندي ـ كربونات الصوديوم اللامائية أورماد الصوداء ـ الصوف الصخري ـ مادة مساعدة في مصاهر الحديد والفولاذ ـ الحشوات المعدنية ـ الصناعات البلاستيكية ـ الجير، وأدوات السباكة والكهرباء ـ أحجار الزينة
الكيانيت	جبل كرش (١٢٥كم جنوب شرق عفيف)	٣٧٥ ألف طن بنسبة تركيز ٣٥٪	ـ الطوب الحراري لأفران الحديد والمسابك ـ أنواع معينة من منتجات الزجاج
البتونايت	خليص (٩٥كم شمال جده)	٣٨,٩٥ مليون طن	ـ الحفر ولكن نوعية متوسطة ـ البناء ـ كمادة غذائية للحيوانات
البازلت	الحرات في الجزء الغربي من الدرع العربي فوق صخور الدهر القديم	ملايين الأطنان	ـ رخام لإنشاءات معينة كمنشآت المفاعلات الذرية ـ صخور مقاومة للأمواج على الشواطئ ـ الصوف الصخري، والبلاط البازلتي ـ الأسمنت البورتلاندي البوزلاني. ـ الركام الخفيف.

* جدول (٥) أهم مواقع واحتياطي المعادن الصناعية، بالمملكة والصناعات القائمة عليها.

الموقع	الموقع الجغرافي	اللون	الاحتياطي (مليون طن)
بئر عسكر	شمال غرب نجران	بني	٨
النجوف	٥ كم شمال غرب نجران	أحمر قرمزي	٧
جبل الكور	١٢كم شمال غرب رنيه	أحمر قرمزي	١٠
جبل الخثعمي	١٥كم جنوب رنيه	بيج إلى بني	١٠
جبل يارا	شمال شرق ينبع البحر	رمادي	غير محددة
وادي نعمان	غرب الطائف	وردي	غير محددة
جبل كر	٤٥كم جنوب غرب الرس	رمادي أزرق	١٠

* جدول (٦) أهم مواقع واحتياطي أحجار الجرانيت والجابرو، وألوانها بالمملكة.

من الأبيض الناصع الى البيج والرمادي إلى الاسود والوردي والاخضر خصوصاً على امتداد البحر الأحمر.

يمكن تمييز الرخام عن غيره من الصخور المتشابهة خاصة صخر الكوارتزايت الناتج عن تحول الحجر الرملي، حيث يتفاعل الرخام بسهولة مع حامض الهيدروكلوريك المخفف محدثاً فوراناً يمكن متابعته بالعين المجردة.

ويوجد الرخام في عدة مواقع يوضحها جدول (٧) وشكل (٣).

الموقع	الموقع الجغرافي	اللون	الاحتياطي (مليون طن)
جبل فرسان	١٦٠كم شمال ـ شمال شرق جده	أسود ذو عروق بيضاء	أكثر من ٤
جبل غزلان	شمال شرق ظلم	مبقع	٦
جبل خوار	٢٥كم جنوب البجادية	رمادي	أكثر من ٨
جبل دمخ	١٧٠كم جنوب شرق عفيف	أسود فاتح	أكثر من ٨
جبل خانوق	١٢ كم شمال البجادية	رمادي غامق	أكثر من ٦
جبل لبونه	٢٠ كم جنوب غرب حجر، و٩٠كم شمال شرق رابغ	رمادي غامق رمادي	٦

* جدول (٧) أهم مواقع واحتياطي الرخام، وألوانه في المملكة.

* **الحجر الجيري**: ويوجد في صخور الغطاء خصوصاً في منطقة الرياض، ويمتاز بلونه البيج المصفر حيث يستخدم في تلييس الواجهات الداخلية والخارجية للمباني، ويوضح الجدول (٨) والشكل (٣) أهم مواقع الحجر الجيري بالمملكة.

الموقع	الموقع الجغرافي	اللون	الاحتياطي (مليون طن)
ام الغربان	٥٠كم شرق مدينة الخرج	ابيض	٣٩١
سدوس	٨كم غرب مدينة سدوس غرب الرياض	أبيض	١٠
وادي التربة	منطقة طريف	نقي من الحديد	٢٠٠

* جدول (٨) أهم مواقع واحتياطي الحجر الجيري، وألوانه بالمملكة.

التعدين

د. وليد حسين عطار

يمكن تعريف التعدين بأنه إستخراج الخامات المعدنية ذات الجدوى الإقتصادية بالطرق التعدينية المختلفة ونقلها إلى وحدات المعالجة والتركيز واستغلالها ، ويتضمن التعدين مجموعة من الأعمال الميدانية والبحثية التي تستخدم علوم الجيولوجيا والكيمياء والإحصاء والإقتصاد والتسويق ، وذلك حتى تصل العملية التعدينية إلى مرحلة الإنتاج الفعلية .

ويعد التعدين من النشاطات القديمة الهامة في حياة الإنسان منذ القدم حيث قامت الأمم ذات الحضارات العريقة بالبحث والتقصي عن المعادن والإستفادة منها في الصناعات الأولية وصناعات المعدات الحربية وغيرها من الصناعات التي تتطلبها قيام الحضارات ، ويلاحظ أن الجزيرة العربية تزخر بالنشاطات التعدينية القديمة المنتشرة في أرجائها ، وكذلك وجود القرى التعدينية التي تحتوي على مخلفات أعمال التعدين ، ومخلفات أعمال الصهر من الخبث بالإضافة إلى أدوات الطحن .

ومع تطور الحياة ونظراً لقيام الثورة الصناعية وإحتياج الصناعات إلى المواد الأولية ، قامت الدول بعمليات مكثفة للبحث والتنقيب عن المعادن وتطوير طرق إستخراج وإستغلال خاماتها والإستفادة منها في مختلف الصناعات الحديثة وإستخدامها الإستخدام الأمثل والإستفادة من عوائدها في التنمية والتطوير .

مراحل التعدين

تشمل مراحل تعدين وإستغلال الخامات المعدنية ، شكل (١) المراحل التالية :-

١- مرحلة البحث والتنقيب عن المعادن والتي تهدف إلى التعرف على خامات معدنية جديدة ، وتشمل هذه المرحلة : المسوحات الجيولوجية والجيوفيزيائية والجيوكيميائية ، ورسم الخرائط ، وجمع العينات ، وحفر الخنادق ، والحفر اللبي والطرقي ، وذلك للتعرف على إمتدادات الخام وتحديد الإحتياطي ، وإجراء الإختبارات المعملية لتحديد مكونات الخام ومدى مناسبته لعمليات المعالجة والتركيز .

٢- دراسة تقويم إستغلال الخام بإجراء دراسة الجدوى الإقتصادية لإستغلال الخام ، والتي تتضمن : الدراسات الجيوتقنية ، وتحديد الإحتياطي القابل للتعدين ، ومعدل الإنتاج ، والعمر الإفتراضي للمشروع ، وطريقة الإستغلال والإستخراج والمعالجة، وتكلفة الإستثمار والتشغيل ، وسعر المعدن في الأسواق العالمية، والسعر المتوقع للبيع .

٣- إيجاد مصادر التمويل ، بعد التأكد من ربحية المشروع ، ووضع التصاميم النهائية ،وتحديد طريقة إستخراج ومعالجة الخام ، يلي ذلك البحث عن مصادر التمويل ، والبدء في تطوير المنجم وتجهيزه للإستغلال ببناء التجهيزات الأساسية ، وتهيئة المنجم بشق الإنفاق ومد الطرق وبناء وحدات المعالجة والتركيز .



● شكل (١) مراحل التعدين

٤- استخراج الخام بإستخدام الطريقة المناسبة للاستغلال ـ تعدين سطحي أو تحت سطحي ـ بناءً على دراسة الجدوى الإقتصادية والفنية المقترحة في الدراسة .

٥- تركيز ومعالجة الخام لإنتاج المعدن وذلك بتكسير وطحن الخام وفصله سواءً بالتعويم (Flotation) أو التركيز بالجاذبية (Gravity Concentration) أو الفصل المغناطيسي (Magnatic Separation) أو الفصل الكهربائي (Electrostatic Separation) ، ويلي ذلك معالجته بالمعالجة الحرارية (Pyrometallurgy) والمائية (Hydrometallurgy) .

٦- تسويق المعدن المنتج في الأسواق العالمية .

طرق إستخراج المعادن

هناك طريقتان رئيسيتان لإستخراج الخامات المعدنية من باطن الأرض ، شكل (٢) ، وذلك كما يلي :-

● التعدين السطحي

يتميز التعدين السطحي (Surface Mining) بسهولة إستخراج الخامات وإنخفاض التكاليف والمرونة في التحكيم بالإنتاج ، وذلك لأن المعدات المستخدمة فيه تتميز بإنها ذات سعة إنتاجية كبيرة مما يساعد في زيادة حجم الإنتاج ، ويستخدم هذا

النوع من التعدين لإستخراج الخامات الموجودة بالقرب من سطح الأرض ذات التركيز المعدني المنخفض والاحتياطي الكبير ، ويمكن تقسيم التعدين السطحي إلى الأنواع التالية :

* **الحفر المكشوفة (Open Pit)** : وفيها يتم إزالة طبقة الغطاء ـ طبقة الصخور التي تغطي الخام ـ حتى يمكن الوصول إلى طبقة الخام ، ويتم ذلك بعمل المستويات السطحية المتدرجة ومن ثم إستغلال الخام بإستخدام معدات التعدين السطحية ، ويتم نقل الخام إلى وحدات التكسير والطحن ، ومن ثم إلى وحدات المعالجة والتركيز ، ثم يجفف المنتج النهائي ويجهز للتسويق ، وتحتاج بعض المعادن الفلزية المستغلة بطريقة التعدين السطحي إلى عمليات صهر وتنقية .

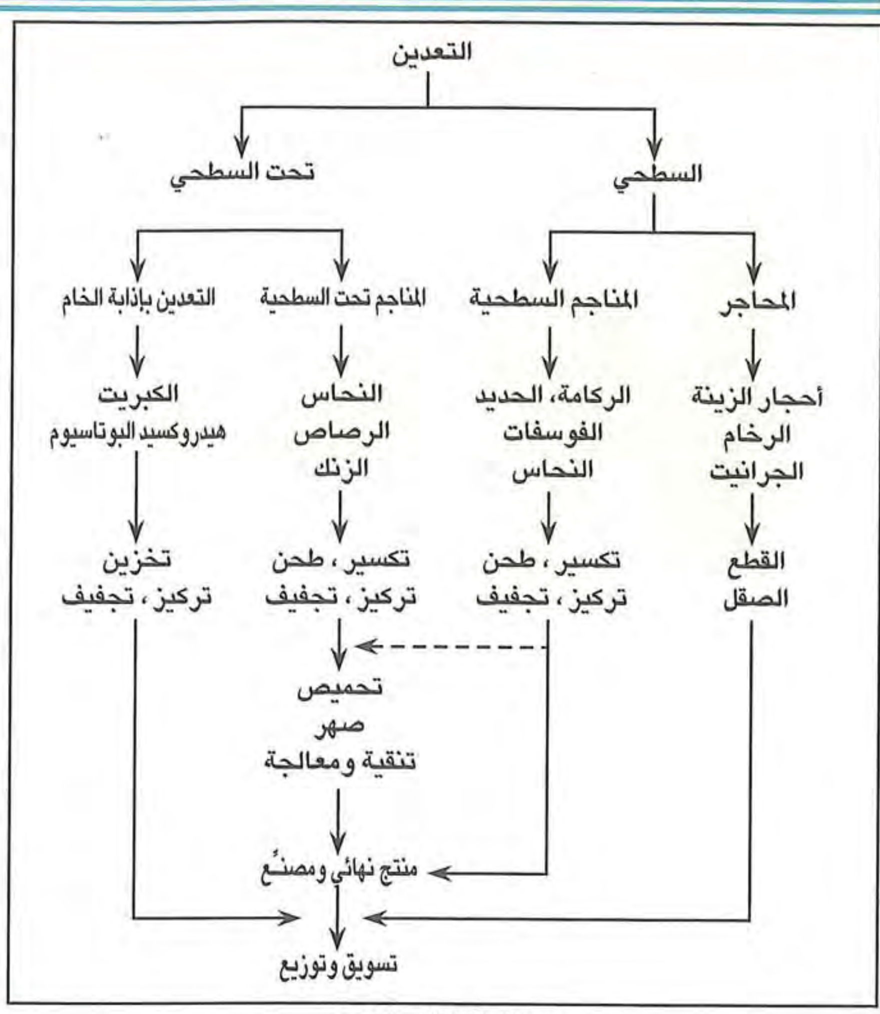
وتعد خامات الحديد وبعض خامات النحاس والذهب ومعظم خامات المعادن الصناعية مثل الفوسفات والبوكسايت من الخامات التي يمكن أن تستخدم فيها هذه الطريقة ، كما يجري تطبيقها حالياً لإستغلال منجم الصخيبرات للذهب في منطقة القصيم بالملكة .

* **المحاجر (Quarry)** : وهي أحد طرق التعدين السطحي التي يتم فيها إستغلال الخام مباشرةً أو بإزالة طبقة الغطاء ثم إستغلال الخام ، ومن أمثلة الخامات التي تستخدم فيها هذه الطريقة خامات أحجار الزينة مثل الرخام والجرانيت والحجر الجيري حيث يتم قطعها ، وصقلها ، وتجهيزها للتسويق لتستخدم في المباني والمنشآت وعمل المجسمات والأشكال الجمالية ، أما الحجر الجيري والطفلة ورمل السيليكا ومواد البناء والمواد المستخدمة في صناعة الأسمنت والجبس ـ المنتشرة في المملكة ـ فيتم تكسير وطحن الخام للحجم المطلوب للصناعة ، وأحياناً تحتاج بعض الخامات إلى معالجة وتركيز بسيطة ثم تجفف وتسوق .

* **التعدين بالجرف (Placer Mining)** : وهي أحد الطرق المستخدمة لتعدين رواسب الخامات الطينية المحتوية على المعادن النفيسة المتواجدة تحت سطح مياه الأنهار والجداول ، ويمكن أن يعمل التعدين بالجرف بصورة جيدة لإستخراج المواد المتواجدة على عمق يصل إلى ٣٠ مترا تحت سطح الماء .

التعدين تحت السطحي

يستخدم التعدين تحت السطحي (Underground Mining) لإستخراج الخامات المتواجدة في الأعماق ، وهو مناسب للخامات المعدنية ذات التركيز



● شكل (٢) أنوع التعدين



● منجم الصخيبرات ، أحد مناجم التعدين السطحي



● منجم مهد الذهب، أحد مناجم التعدين تحت السطحي

المعدني المرتفع، ويعد التعدين تحت السطحي مرتفع التكاليف، كما أن كمية الإنتاج تكون منخفضة حيث يتم فيها شق الأنفاق وحفر الآبار للوصول إلى الرواسب المعدنية وإجراء أعمال الصيانة المستمرة داخل المنجم، ونقل الخام إلى خارج المنجم، وضخ المياه الجوفية، وإنشاء محطات الإنارة والتهوية، وتدعيم مناطق التراكيب الجوفية الضعيفة، وترك جزء من الخام كأعمدة.

ومن أمثلة الخامات التي يستخدم فيها التعدين تحت السطحي خامات النحاس والزنك والرصاص والذهب، حيث يتم تكسير وطحن الخام لينقل إلى وحدات المعالجة والتركيز، بعد ذلك يصهر وينقى لإنتاج المعدن الذي يتم تسويقه وتوزيعه. ويعد منجم مهد الذهب الذي يقع شمال شرق جدة مثالاً للمناجم تحت السطحية المستغلة في المملكة.

ومن أهم طرق التعدين تحت السطحي ما يلي :-

* **التعدين المتدرج المفتوح (Open Stoping) :**
ويمكن إستخدامه لتعدين الخامات ذات الطبقات المستوية إلى المائلة والتي تتميز بصلابتها وصلابة الجدار الذي يحوي الخام، وفيه تترك الأعمدة من الخام المنخفض التركيز وأحياناً يتم عمل دعامات خارجية لتثبيت الصخور.

* **الغرف والأعمدة (Room and Pillar) :**
ويمكن إستخدامه لتعدين الخامات ذات الطبقات المستوية والتي تتميز بقوة تماسك الكتل المعدنية وتماسك سقف الغرف المستغلة من الخام، حيث يستغل الخام وتترك الأعمدة من الخام، وفي بعض الأحيان يتم إستغلال هذه الأعمدة بعد شحن الغرف بالصخور العقيمة.

* **التعدين التدريجي شبه المستوي (Sublevel Stoping):**
ويستخدم لتعدين كتل الخام السميكة والعريضة والتي يصل ميل طبقات كتل الخام فيها إلى ٥٠ درجة أو أكثر، وتعتمد هذه الطريقة على إيجاد مرتقى بين كل مستويين عند نهاية الميل، ويتم تعدين الخام إبتداءًا من العمق، وأحياناً تترك بعض صخور الخام على هيئة أعمدة.

* **التعدين الإنكماشي (Shrinkage Stoping) :**
ويستخدم لتعدين كتل الخام المنتظمة الشكل والشديدة الإنحدار، التي تزيد درجة ميلها عن ٥٠درجة ، وتكون فيها كتل الخام عريضة وصلبة ومتماسكة أكثر من الطريقة السابقة.

* **التعدين بإعادة شحن الفراغ (Cut and Fill Stoping) :**
ويتم فيها إستخراج الخام ثم إعادة شحن الفراغ بالصخور غير المتمعدنة، وتستخدم هذه الطريقة لإستغلال كتل الخام المتماسكة والصلبة، ويكون الجدار المحتوي على الخام صلباً وأحياناً غير صلب وأحياناً اخرى منتظم، ويمكن إستخدام هذه الطريقة للكتل ذات الميل الذي يزيد عن ٥٠ درجة وأيضاً للكتل المسطحة.

* **التعدين بالأعمدة القائمة (Square - Set) :**
وهي مناسبة لتعدين كتل الخام الضعيفة الواقعة بين جدارين ضعيفين والتي تكون الكتل فيها منتظمة واحياناً غير منتظمة وذات درجة ميل تصل إلى ٤٥درجة.

* **التعدين الجداري الطويل (Long wall) :**
وتستخدم هذه الطريقة لتعدين الطبقات الرقيقة إلى المتوسطة من كتل الخامات الرسوبية مثل الفحم، وتطبق غالباً لإستغلال الكتل السهلة والمنتظمة التي لم تتعرض لتأثيرات فجائية بالنسبة لميل الطبقات والسماكة والإرتفاعات، وغالباً ما تكون كتل الخام مغطاة بعدة طبقات سميكة يمكن من خلالها عمل الكهوف بسهولة دون التأثير على أعمدة التدعيم، ويشترط في هذا النوع من التعدين أن تكون صخور الأرضيات متوسطة الصلابة.

* **التعدين بالإذابة (Solution Mining) :**
وتستخدم هذه الطريقة في إذابة بعض المعادن في باطن الأرض مثل البوتاسيوم والكبريت والنحاس واليورانيوم، حيث يجب أن تكون الصخور الحاملة غير مسامية وصخور الغطاء متماسكة وقوية، وذلك لإمكانية مقاومتها للتآكل أثناء عمليات التعدين، وعدم تكون التجاويف الأرضية. ومن أمثلة هذا النوع من التعدين طريقة فراش لأستخلاص الكبريت، وفيها يتم إذابة الكبريت في جوف الأرض بواسطة تيار الماء الساخن الذي يتم حقنه عن طريق الآبار التي تم حفرها لطبقة الراسب، بعدها يتم ضخ الكبريت المذاب إلى السطح. ومن أمثلة هذا النوع من التعدين كذلك ضخ الماء الساخن لإستخلاص الملح والبوتاسيوم، وايضاً عمليات الإذابة بالغسل التي تتم لليورانيوم والنحاس.

إقتصاديات التعدين

يرتبط إستغلال الخامات المعدنية بعدة عوامل تتحكم في إقتصاديات التعدين، ومن أهم هذه العوامل والتي لها دور أساسي في عمليات إستغلال الخامات المعدنية والتي تساهم مساهمة فعالة في العمل على تطوير الخامات والبدء في إستخراجها والإستفادة منها، ما يلي :-

● الموقع الجغرافي للخام

يعد الموقع الجغرافي من أهم العوامل

التي تؤثر في تشجيع تعدين الخامات المعدنية ، ويفضل إستغلال الخامات التي تقع بالقرب من مراكز التصنيع والتصدير ، أو ترتبط بها بوسائل المواصلات المناسبة ، حيث أن بعد موقع الخامات المعدنية يتطلب إستثمارات إضافية لإنشاء وسائل المواصلات المناسبة ، ودفع تكاليف ، النقل مما يؤثر على الأرباح المتوقعة ، ويزيد من تكلفة الإنتاج ، ومن أفضل الأمثلة على قرب الخام من مراكز التصنيع والتصدير منجم فوسفات الولايات المتحدة الأمريكية والذي يقع في ولاية فلوريدا بالقرب من مركز التصنيع والتصدير ولا يحتاج إلى تكلفة إضافية للنقل ، وايضاً منجمي فوسفات المغرب والأردن اللذان لا يحتاجان إلى نقل الخامات لمسافات كبيرة .

وبالنسبة للمملكة فإن معظم الخامات المعدنية تقع في مناطق نائية وتحتاج إلى وجود وسائل نقل رخيصة ومناسبة حتى يمكن تطوير وتنمية هذه الخامات .

• موقع الخام من سطح الأرض

تتواجد الرواسب المعدنية على أعماق مختلفة من سطح الأرض ، وعندما تكون الرواسب قريبة من سطح الأرض فإن تعدينها يصبح أقل كلفة لإرتفاع إنتاجيتها ولإستخدامها معدات كبيرة ، فضلاً عن أنها أكثر سهولة من الرواسب المتواجدة على أعماق كبيرة ، والتي تتطلب شق الأنفاق وحفر الآبار مما يزيد من تكلفة الأستثمار والتشغيل والصيانة . وكذلك إنشاء وسائل مواصلات لنقل الخام من داخل المناجم إلى الفتحات الخارجية وأيضاً إنشاء محطات للتهوية والإنارة وإستخدام سبل التدعيم داخل المنجم مما يتطلب وجود عمالة ماهرة ومدربة ، وتكون المعدات المستخدمة ذات إنتاجية منخفضة ، وذلك لإستخدام معدات ذات سعة محدودة لصعوبة الحركة وإستخراج الخام من باطن الأرض .

• الموقع الجغرافي للخام

يسهم وجود الخام ضمن تراكيب جيولوجية معقدة ، أو ضمن منطقة تحتوي على أحراش كثيفة ، أو طبقة سميكة من صخور الغطاء في إرتفاع تكلفة الإستخراج مما يؤثر على إقتصاديات تعدين الخام حيث تزيد من تكلفة إزالة هذه الطبقات لأنها تتطلب توفير معدات ذات قدرة إستيعابية عالية لإزالة الأحراش وطبقة الغطاء ، وايضاً عندما تكون التراكيب الجيولوجية معقدة فإن ذلك يقلل من فرصة إستغلال الثروات المعدنية الموجودة فيها ، أو يسبب زيادة كلفة الإنتاج لهذه الخامات .

• درجة تركيز المعدن ونسبة الشوائب

تؤثر درجة تركيز المعدن في الخام في عملية إستغلال الخام ومدى تحمله تكاليف قيام صناعة تعدينية ، ولكن في بعض الأحيان ولظروف إستراتيجية تعمل بعض الدول على إستغلال الخامات المنخفضة التركيز . وكذلك يتم تعدين بعض خامات المعادن النفيسة ذات التركيز المنخفض حيث أمكن إستغلالها نتيجة لتطور طرق المعالجة لإستخلاص هذه المعادن بتكلفة مناسبة .

وفيما يتعلق بالشوائب المتواجدة مع الخامات المعدنية فإن زيادة نسب هذه الشوائب في الخام تعمل على إرتفاع تكاليف عمليات تعدين ومعالجة الخامات والتي تحتوي على نسب عالية منها .

ويعد منجم مهد الذهب بالمملكة من المناجم الجيدة ذات التركيز المرتفع حيث تصل نسبة الذهب فيه إلى ٢٦ جراماً للطن مما مكن المشروع من تحمل تكلفة أعمال التعدين تحت السطحي وتوفير التجهيزات الأساسية اللازمة للمشروع .

• كمية الإحتياطي

عندما يكون الإحتياطي من الخام المراد إستغلاله كبيراً ، فإن ذلك يشجع شركات التعدين على الإستثمار لإستغلال الخام مستفيدة من الكميات الكبيرة التي يمكن تعدينها بتكلفة إنتاج منخفضة ، فضلاً عن أنه يمكن استغلاله لسنوات طويلة مما يشجع على بناء الطرق لنقل الخام . ومن أفضل الأمثلة على ذلك خام الفوسفات الذي تمتلك بعض دول الوطن العربي كميات كبيرة منه مثل المغرب وتونس والأردن . مما حدا بشركات الاستثمار في تلك الدول استغلال الخامات الموجودة لإمكانية الاستثمار طويل الأجل مما يحقق عوائد جيدة للمشاريع المستغلة .

كذلك تعد العراق والملكة من البلدان الواعدة في الإنتاج التجاري لخام الفوسفات حيث من المؤمل أن يتم إستغلاله في القريب العاجل ، حيث أشارت الدراسات إلى وجود كميات كبيرة قابلة للإستغلال لمدة تصل إلى نصف قرن أو أكثر .

من جانب آخر فإن المناجم ذات الإحتياطي الصغير لا تستغل إلا في ظروف معينة لأن إستثمارها يتطلب بناء التجهيزات الأساسية اللازمة ثم تترك بعد الإنتهاء دون الإستفادة منها .

• القيمة الإقتصادية للمعدن

يعد المعدن ذو قيمة إقتصادية كبيرة بناءً على تنوع إستخداماته وندرته وإستراتيجيته وزيادة الطلب عليه ، ومن أمثلة المعادن ذات القيمة الأقتصادية الجيدة هي الفحم والألماس والذهب والفضة والمعادن المشعة وغيرها .

• تكاليف إنتاج المعدن

تتضمن تكاليف إنتاج المعدن جميع النفقات التي تم صرفها على المشروع إبتداءً من أعمال الإستكشاف والتطوير ، وإعداد دراسة الجدوى والتكاليف الرأسمالية التي صرفت على المشروع وتكاليف التجهيزات الأساسية ، وتكاليف التشغيل السنوية إضافة إلى المبالغ المدفوعة للدولة كرسوم سنوية ، وما يتم الإتفاق عليه بخصوص الضرائب .

وحتى يكون إنتاج المعدن مجدياً اقتصادياً فيجب أن يتحمل المشروع جميع هذه المصروفات ويحقق عوائد جيدة وربحاً مناسباً للشركات المستثمرة ، فكلما أمكن تخفيض تكلفة الإنتاج والتشغيل وإستخدام معدات ذات كفاءة عالية أصبح المشروع مشجعاً للإستغلال والإستثمار .

• التطور الصناعي والتقني

كان للتطور الصناعي والتقني دور أساسي لتشجيع إستغلال الخامات المعدنية ، ويلاحظ أن الدول الصناعية المتطورة وبما لديها من تقنيات متطورة تستطيع إستغلال المعادن المتواجدة في باطن الأرض وعلى أعماق مختلفة ، مستفيدة من توفر المعدات الحديثة والخبرات الفنية المؤهلة ، وتمتلك هذه الدول شركات تعدين كبيرة تقوم بالاستثمار في هذا المجال في مختلف دول العالم ، مما يؤدي إلى الإستفادة من العوائد الكبيرة من هذه الاستثمارات ، ومن تقديم الاستشارات الفنية ، وتوفير المعدات والمواد المستخدمة في المعالجة ، وتوفير قطع الغيار وغيرها .

ولابد من الإشارة إلى أنه في مجال



التعدين لكل حالة خصوصيتها التي تقوم الشركات من خلالها بتطوير تقنياتها وأساليبها مما يساعدها في إستثمار هذا التطوير في حالات مماثلة .

● توفر رأس المال

يعد الإستثمار في مجال التعدين ذو تكلفة رأسمالية مرتفعة ومردود جيد ، وإن كان على مدى طويل وبنسبة مخاطرة عالية نسبياً ، وذلك إبتداءاً من أعمال البحث والتنقيب التي تتطلب نفقات عالية وصولاً إلى إحتياج أعمال تعدين وإستخراج الخامات المعدنية من باطن الأرض إلى معدات وآليات متطورة ووحدات معالجة وتصنيع ذات تكلفة عالية ، فضلاً عن تكلفة التشغيل التي تشمل الإستخراج والمعالجة وبناء مدن التعدين وتوفير التجهيزات الأساسية اللازمة التي من أهمها إنشاء ومد السكك الحديدية اللازمة وبناء محطات الطاقة والمياه . ورغم ذلك فإن بعض الشركات العالمية تتمتع بتوفر رؤوس أموال ضخمة مكنتها من الإستثمار في هذا المجال .

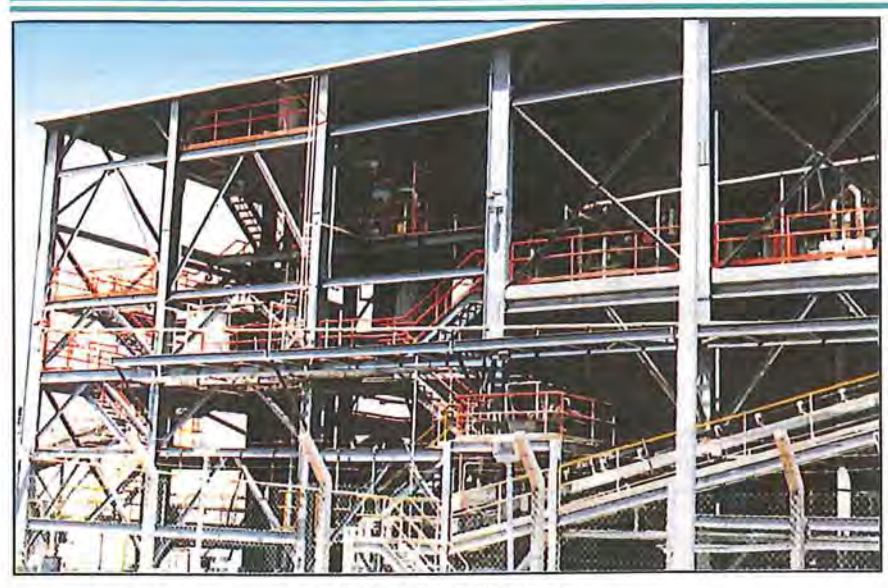
التعدين بالمملكة

أمكن للمملكة استغلال ثرواتها المعدنية استغلالاً تجارياً إنعكس في زيادة إنتاجها من الذهب والخامات المعدنية اللازمة للصناعات المختلفة مثل الأسمنت والجبس والخزف ومواد البناء الأخرى .

وقد أنشأت المملكة العديد من المناجم التي وصلت مرحلة الانتاج الفعلي التجاري فضلاً عن وجود عدد من المشاريع التي من المتوقع أن تبدأ الانتاج التجاري في المستقبل القريب ، ويمكن تفصيل نشاط تلك المناجم فيما يلي :-

● منجم مهد الذهب

بدأ منجم مهد الذهب الإنتاج الفعلي في عام ١٩٨٧م حيث وصل الإنتاج في عام ١٩٩٦م حوالي ٤,٥٨ طن من الذهب ، ويعد دخول منجم مهد الذهب مرحلة الإنتاج البداية الحقيقية لصناعة تعدين وإستخلاص الخامات المعدنية الفلزية في المملكة . ويتم تعدين الخام في مهد الذهب بطريقة المنجم تحت السطحي حيث يتم شق الأنفاق للوصول إلى الراسب وإستغلاله وبعد ذلك يتم تكسير ومعالجة الخام لإنتاج



● مختبر المعالجة بمنجم مهد الذهب

نوعين من المنتجات ، هما المركزات والسبائك الذهبية ، ويوضح جدول (١) إنتاج منجم مهد الذهب خلال الأعوام السابقة .

● منجم الصخيبرات

بدأ منجم الصخيبرات الإنتاج الفعلي في عام ١٩٩٢م حيث وصل الإنتاج في عام ١٩٩٦م إلى ٢,٦٥ طن من الذهب ، جدول (١) ، ويتم إستغلال الخام بطريقة التعدين السطحي بالحفرة المكشوفة ، وذلك بإزالة صخور الغطاء ، ثم عمل المسطحات المتدرجة للوصول إلى الراسب ، يلي ذلك إستغلاله ، وبعد ذلك يتم تكسير وطحن الخام لمعالجته داخل خزانات إرتجاجية محملة بالماء والسيانيد ثم يفصل بالتحليل الكهربائي ، وبعد ذلك يتم تجميعه وإنتاجه على شكل سبائك .

● المناجم المنتجة الأخرى

تنتج المملكة من عدة عقود كميات كبيرة من خامات المعادن الصناعية ومواد البناء ، ويظهر ذلك من خلال إمتيازات التعدين وأذونات المواد الممنوحة لشركات الأسمنت ومصانع الجبس والخزف والطوب والزجاج وأحجار الزينة ومواد الحشو (كربونات الكالسيوم) ومواد البناء (الركامة الخفيفة والرمل) وغيرها ، ويوضح جدول (٢) الكميات المستغلة من هذه الخامات خلال الأعوام ١٩٩٤-١٩٩٦م .

● مناجم تحت التشييد

ومن المناجم الأخرى التي صدرت الموافقة السامية على منح إمتيازات تعدين لإستغلالها والتي من المؤمل أن تبدأ الإنتاج خلال عام ١٩٩٨م ما يلي :-

*** مشروع منجم المصانع (زنك نحاس ذهب):** ويقع في جنوب المملكة بمنطقة نجران على بعد حوالي ٧٥كم شمال غرب مدينة نجران ويحتوي على إحتياطي تعديني ٧,٢ مليون طن بنسبة تركيز ١,٤٪ نحاس ، ٥,٣٪ زنك ، ١,٢ جرام للطن ذهب ، ٤٠,٢ جرام للطن فضة ، وسيتم تعدين الخام بطريقة التعدين تحت السطحي .

*** مشروع منجم الأمار (ذهب - زنك):** ويقع بمنطقة الرياض على بعد حوالي ٢٥٠كم جنوب غرب الرياض وعلى بعد حوالي ٤٠كم غرب مدينة القويعيه ، ويحتوي على إحتياطي تعديني يصل إلى ٣,٥ مليون طن بنسبة تركيز ٧جرامات

المنجم/العام	١٩٨٨	١٩٨٩	١٩٩٠	١٩٩١	١٩٩٢	١٩٩٣	١٩٩٤	١٩٩٥	١٩٩٦
مهد الذهب	١٤٨٦	١٧٧٨	٣٤٥٧	٣٨٣٠	٤٢٨٠	٤٨٤٣	٥١٣٢	٥٣١١	٤٥٨٥
الصخيبرات	–	–	–	٩٦٧	١٨٥٨	٢٥٤٦	٢٥١٩	٢٨٢٦	٢٦٥٦
المجموع	١٤٨٦	١٧٧٨	٣٤٥٧	٤٧٩٧	٦١٣٨	٧٣٨٩	٧٦٥١	٨١٣٧	٧٢٤١

● جدول (١) إنتاج المملكة من الذهب (كيلو جرام) من عام ١٩٨٨-١٩٩٦م .

الصناعة	الخامات المعدنية المستغلة	١٩٩٤	١٩٩٥	١٩٩٦
الأسمنت	حجر جيري ـ طفلة ـ جبس ـ خام الحديد	٢٥,٨	٢٦,٠٥	٢٨,٣٥
الخزف	رمل السيليكا ـ كاولين ـ طفلة ـ فلدسبار	٠,٠٩	٠,١٠	٠,٠٩
الجبس	جبس	٠,٤٠٦	٠,٤٠٣	٠,٣٦٣
الزجاج(*)	رمل السيليكا	٠,٣٠٠	٠,٥٠٠	٠,٥٠٠
الطوب(*)	طفلة	٤,٠٠	٥,٠٠	٥,٠٠
الملح	ملح	٠,٠٨٨	٠,٠٩١	٠,١٢٨
مواد الحشو(*)	كربونات كالسيوم	٠,٢٠	٠,٢٥٠	٠,٢٥٠
أحجار الزينة	جرانيت ـ رخام	١,٠٠	١,٥	١,٣
البناء والتشييد	ركامة ـ رمل ـ مواد كسارات	كميات ضخمة	كميات ضخمة	كميات ضخمة

* تقريباً

● جدول (٢) الكميات المنتجة من خامات المعادن الصناعية (مليون طن) ١٩٩٤ ـ ١٩٩٦م.

للطن ذهب ، ٣,٧٪ زنك ، ٠,٥٪ نحاس ، بالإضافة إلى وجود إحتياطي محتمل يصل إلى ١٥مليون طن بنسبة ١,٤جرام للطن ذهب ، وسيتم تعدين الخام بطريقة المنجم تحت السطحي .

● مشاريع للإستثمار

نتيجة لأعمال الاستكشاف والتنقيب المكثفة التي قامت بها وكالة الوزارة للثروة المعدنية تشجيعاً لتنمية وتطوير الصناعة التعدينية في المملكة ، تم تحديد العديد من الرواسب المعدنية ذات المؤشرات الجيدة وذلك بإجراء التقويم الإقتصادي والفني لهذه الرواسب والوصول بها إلى مرحلة دراسات الجدوى الإقتصادية ، ومن المشاريع التعدينية الجاهزة المطروحة للإستثمار وأثبتت دراسات الجدوى إمكانية استغلالها هي :

* **مشروع الجلاميد للفوسفات :** ويقع بالمنطقة الشمالية بالمملكة على بعد حوالي ١٢٠كم إلى الجنوب الشرقي من مدينة طريف ، ويحتوي علي إحتياطي تعديني يبلغ ٢١٣مليون طن بنسبة تركيز ٢١٪ خامس أكسيد الفوسفور ، وهناك مؤشرات إلى وجود احتياطيات أخرى مما يزيد من العمر الأفتراضي للمنجم ، وسيتم استخراج الخام بطريقة التعدين السطحي .

* **مشروع وادي الصواوين (حديد) :** ويقع بمنطقة تبوك على بعد حوالي ٦٠كم شمال شرق المويلح الواقعة على ساحل البحر الأحمر ، ويحتوي على إحتياطي تعديني يبلغ ٨٤ مليون طن بنسبة تركيز ٤٢٪ حديد ، إضافة إلى وجود إحتياطيات أخرى وسيتم إستخراج الخام بطريقة التعدين السطحي .



● محجر مصنع أسمنت ينبع .

* **مشروع الزبيرة (بوكسايت):** ويقع بمنطقة القصيم على بعد ١٨٠كم شمال مدينة بريدة وعلى بعد ٥٠كم شمال غرب بلدة قبه ، ويبلغ الإحتياطي التعديني ١٠٢مليون طن بدرجة تركيز ٥٧,١٪ أكسيد المنيوم ، بينما يبلغ الإحتياطي المحتمل ٣٠٧مليون طن متري ، وسيتم إستغلال الخام بطريقة التعدين السطحي .

* **مشروع جبل صايد (نحاس):** ويقع في منطقة المدينة المنورة على بعد ٤٠كم شمال مهد الذهب ، وعلى بعد ١٤٠كم جنوب شرق المدينة المنورة ، ويبلغ الإحتياطي التعديني ٢٠مليون طن بنسبة تركيز ٢,٦٨٪ نحاس ، ومن المتوقع أن يتم إستغلاله بطريقة المنجم تحت السطحي .

* **مشروع الخنيقية (زنك ـ نحاس):** ويقع في منطقة الرياض على بعد ١٧٠كم جنوب غرب مدينة الرياض وعلى بعد حوالي ٣٥كم شمال غرب مدينة القويعية . ويحتوي على إحتياطي تعديني ٥,١مليون طن بنسبة تركيز ١١٪ زنك ، ٠,٨٨٪ نحاس ، وقد أشارت الدراسة إلى امكانية تعدين الخام بطريقة المنجم تحت السطحي ، وهناك إختيار آخر لاستغلاله بإستخدام طريقة التعدين السطحي .

* **مشروع الحجار (ذهب):** ويقع بمنطقة عسير على بعد ٦٥كم غرب مدينة بيشة ، ١٢٥كم شرق الباحة ، ويحتوي على إحتياطي تعديني ٥مليون طن بدرجة تركيز ٢,٧جرام للطن ذهب ، قابل للتعدين بطريقة المنجم السطحي .

* **مشروع منجم بلغة (ذهب):** ويقع بمنطقة القصيم على بعد حوالي ٦٨كم جنوب غرب الصخيبرات ، ويبلغ الإحتياطي التعديني ٣٠,٦٨ مليون طن من خام الذهب بنسبة تركيز ٠,٩٤جرام للطن ذهب ، قابلة للتعدين بطريقة المنجم السطحي .

* **مشروع ضرغط (مغنزايت):** ويقع بمنطقة حائل على بعد حوالي ١٦٠كم جنوب غرب ويبلغ الإحتياطي حوالي ٤ مليون طن بنسبة تركيز تتراوح بين ٨٠٪ إلى ٩٨٪ أكسيد مغنيسيوم ، ويتميز الخام بلونه الأبيض وصلابته ودقة حبيباته وسهولة إستغلاله بطريقة التعدين السطحي .

كتب صدرت حديثا



تصميم المنشآت الخرسانية لمقاومة الرياح والزلازل

صدر هذا الكتاب عن دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة، جمهورية مصر العربية، وقام بتأليفه مهندس إنشائي **خليل ابراهيم واكد**.

يقع الكتاب في ٢٦٩ صفحة من الحجم المتوسط مقسمة إلى مقدمة للمؤلف، وخمسة أبواب، جاءت في عشرة فصول مرتبة كالتالي: التصميم الأفقي والتصميم الرأسي للمنشأ الخرساني، وأحمال الرياح وأحمال الزلازل، وشروط التصميم المعماري لمقاومة الزلازل، والتصميم الانشائي لمقاومة الزلازل، واختيار النظام الانشائي المناسب، والمباني ذات الارتفاعات العالية، واعتبارات خاصة في تفاصيل التسليح، والتربة والأساسات والزلازل، وتعاريف أساسية في ديناميكا المنشآت، وتصنيف الأنظمة الانشائية.

الفلزات الخفيفة وسبائكها

صدرت الطبعة الأولى من هذا الكتاب عام ١٤١٨هـ/١٩٩٧م عن مطابع جامعة الملك سعود بالرياض، وقام بتأليفه **الدكتور/ محمد عز الدهشان**، أستاذ الهندسة الكيميائية، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود.

يقع الكتاب في ٥٣٢ صفحة من الحجم المتوسط مقسمة إلى خمسة فصول (السبائك: نظرة عامة، والألمنيوم وسبائكه، والبيرليوم وسبائكه، والتيتانيوم وسبائكه، والمغنيسيوم وسبائكه)، وثبت المصطلحات العلمية، وكشاف الموضوعات.

تناول الفصل الأول فكرة عامة عن نظرية السبائك وطرق تكوين السبائك، وكيفية تأثير العناصر السبائكية على الخواص المختلفة، بيمنا تناول كل فصل من الفصول الأربعة الأخرى نبذة تاريخية عن الفلز وظروف وجوده وكيفية استخلاصه وخواصه المختلفة، والتركيب الكيميائي للأنواع المختلفة من سبائك كل فلز، وتطبيقات كل سبيكة، مع ربط التركيب البنائي الدقيق للسبيكة مع خواصها الكيميائية.

ثرواتنا البيئية مهددة

ألف هذا الكتاب **الأستاذ الدكتور إسماعيل محمد المدني**، جامعة الخليج العربي، البحرين، وصدرت الطبعة الأولى منه عام ١٩٩٧م عن دار الحكمة بالبحرين.

جاء الكتاب في ٣٨٩ من الحجم المتوسط مقسمة إلى شكر وتقدير، ومحتوى الكتاب ومقدمة، وسبعة فصول.

تناولت فصول الكتاب موضوعات بيئية مختلفة رتبها الكاتب على النحو التالي: ثروتنا الهوائية، وثروتنا المائية، وثروتنا الحية، وبيئاتنا الداخلية .. ثروة، ومخلفاتنا .. ثروة، والسياسة وثرواتنا البيئية، وتدهور ثرواتنا وأمراض الانسان.

نظم وعمليات الري السطحي

عرض أ. محمد بن ناصر الناصر



يقع الكتاب في ٢٥١ صفحة من القطع المتوسط، وهو من تأليف ملفن كي وترجمة كلاً من الدكتور فوزي سعيد الذيب والدكتور أحمد ابراهيم العمود، وصدرت هذه الترجمة عام ١٤١٨هـ عن جامعة الملك سعود.

يبدأ الكتاب بتقديم للمترجمين موضحاً فيه الأسباب التي حدت بهما لاختيار الكتاب لترجمته وإثراء المكتبة العربية بالمؤلفات والتراجم العلمية، ومن ضمن تلك الأسباب، الأهمية العلمية والتطبيقية، والمعلومات التي يحويها الكتاب، وحاجة طلبة كليات الزراعة والمعاهد الزراعية والمهتمين بالزراعة لها، كما أن للخبرات العلمية والعملية للمؤلف والذي عمل في مجال الري في أنحاء مختلفة من العالم دور في التوجه لترجمة الكتاب، وتتضمن المقدمة كذلك سرداً لمحتويات الكتاب.

يشتمل الكتاب على ثلاثة عشر فصلاً إضافة إلى ثبت بالمصطلحات العلمية وكشاف لموضوعات الكتاب.

يبدأ الكتاب بمقدمة تمثل **الفصل الأول** منه وتستعرض عناوين الموضوعات التي تتناولها فصول الكتاب. وهي أساليب الري، ووحدات الري، ونظم الري، والصرف، والممرات والطرق التي تنشأ في مشاريع الري، وما يتعلق بالتشغيل والصيانة، والنواحي الصحية المرتبطة بالأمراض والأوبئة ذات الصلة بالمياه.

وتحت عنوان الهيدروليكيا يتطرق **الفصل الثاني** إلى تعريف وحدات النظام المتري الدولي المتداولة في مجال الري (51 units)، وانحدار الأرض، وشرح لمفهوم التصرف «التصريف»، والطرق المتبعة لقياس التصرف ومنها طريقة عداد «مقياس» التيار، وطريقة الجسم العائم «الطافي» والطريقة الحجمية، والهدارات، والمسيلات. ينتقل بعدها الحديث إلى العوامل المؤثرة على جريان المياه في قنوات الري والتي تشمل انحدار القنوات وخشونة أرضية وجوانب القناة وشكلها، والعلاقة بين تلك العوامل وتأثير ذلك على مقدار تدفق المياه فيها، ولتزويد الأحواض أو الشرائح أو الخطوط بمياه الري، يورد الكتاب استعمال السيفونات والمنافذ (Spiles) لهذا الغرض، والعوامل المؤثرة في استعمالها مثل خزان التربة (Soil Reservoir)، ومعدل الرشح الأساسي واختلافه حسب نوع التربة وكيفية قياسه، وتعريف لزمن الوصول، مع توضيح لحركة الماء في التربة واختلاف عمق تسرب المياه تبعاً لقربها أو بعدها عن منطقة تدفق مياه الري، وذلك في طريقة الري بالأحواض، والري بالشرائح، والري بالخطوط، مع ايراد بعض المعادلات التي توضح معدل تصرف مياه الري وعلاقته بالمساحة المروية وعمق ماء الري بالتربة والزمن اللازم للري، كذلك تم ايراد بعض المسائل حول تحديد كفاءة الري، مع التنويه إلى ملائمة طرق الري السطحي للترب الطينية وفي غسيل الأملاح من التربة.

يتناول **الفصل الثالث** بشيء من التفصيل الري بالاحواض، ولتحديد سعة الأحواض يورد الكتاب العوامل المؤثرة في ذلك والمتمثلة في نوعية التربة ومقدار التصريف المتاح والعمق المستهدف لمياه الري بالتربة، بالاضافة إلى انحدار الأرض وتأثيره على مساحة الأحواض وشكلها، كذلك يشير الفصل للأساليب المتبعة في الزراعة ودورها في تحديد سعة الأحواض، ولتحديد شكل الأحواض، يوضح الفصل العلاقة بين مقدار انحدار الأرض وشكل الأحواض، ففي حالة الأرض المستوية أو المنحدرة بانتظام يكون شكل الأحواض مستطيلاً، أما إذا كان الانحدار غير منتظم (متموج) عندها تأخذ الأحواض أشكالاً تتناسب مع الخطوط الكنتورية للأرض (أحواض كنتورية)، كما يتطرق **الفصل الثالث** إلى تأثير نوعية المحاصيل المراد زراعتها على شكل الأحواض ومساحتها ومقدار ارتفاع الحواجز الترابية للأحواض وتأثر ارتفاعها بمساحة الحوض مع ايراد

الخطوات المتبعة لإنشاء تلك الحواجز ، وتحت عنوان إدارة المياه يوضح الفصل الطرق المتبعة لتجهيز الأحواض بمياه الري التي تشمل التجهيز المباشر والتجهيز بالتساقط «بالتعاقب» ونحر التربة المحتمل حدوثه عند استعمال تصرفات كبيرة في الأراضي المنحدرة ، وتأثير طريقة الري بالاحواض على عملية غسل الأملاح من التربة وضرورة وجود مصارف لصرف المياه الزائدة عن الحاجة، وحيث أن هناك بعض الاخطاء الشائعة التي تكتنف التعامل مع هذه الطريقة وتؤدي إلى انخفاض كفاءتها ، يورد الكتاب بعضاً من تلك الأخطاء التي تشمل رداءة تهيئة الأرض من حيث تسويتها وتعدد أنواع التربة ضمن الحوض الواحد والالتزام بجداول زمنية ثابتة للري لاتأخذ في الحسبان الحاجة الفعلية للري في تلك الأحواض .

يتناول **الفصل الرابع** الطريقة الثانية من طرق الري السطحي وهي الري بالشرائح وذلك من حيث الفرق بينها وبين الري بالأحواض ، وسعة الشرائح والشكل الذي تأخذه والعوامل المحددة لسعة الشريحة وشكلها والتي تشمل نوع التربة ، والتصرف المتاح ، وعمق مياه الري، ومقدار انحدار الأرض، ويعرض الكتاب في نهاية هذا الفصل لإدارة الري في الشرائح من حيث الفترة اللازمة للري، والأخطاء المؤثرة على كفاءته مثل رداءة تهيئة الأرض ، واختلاف أنواع التربة ضمن الشريحة الواحدة، واستعمال تصرف متاح غير مناسب .

يتناول **الفصل الخامس** الطريقة الثالثة من طرق الري السطحي وهي طريقة الري بالخطوط من حيث شكل الخطوط وطولها والمسافة بينها والعوامل المحددة لذلك والتي تشمل التصرف المتاح لمياه الري ونوعية التربة ، والمحاصيل المراد زراعتها على تلك الخطوط ، وانحدار الارض ، والعمليات الزراعية . بعدها ينتقل الحديث إلى الأساليب المتبعة لادارة المياه في هذه الطريقة للوصول إلى الدرجة المثلى لاستفادة النباتات المروية وتقليل الفواقد في مياه الري ، كما تناول الفصل الأخطاء الشائعة التي تؤثر على كفاءة الري بهذه الطريقة .

خُصص **الفصل السادس** للعوامل الواجب وضعها في الاعتبار عند اختيار طريقة الري السطحي الملائمة والتي تشمل تضاريس الأرض ، ونوعية التربة ، وشكل الحقل ، ونوعية المحاصيل والقوى العاملة ، فمن ناحية تضاريس الأرض فالعامل المحدد لاختيار طريقة الري هو إنحدار الأرض وذلك لتلافي حدوث النحر في التربة ، أما من ناحية نوعية التربة فإن هذا العامل يتمثل في تباين معدلات الرشح تبعاً لنوع التربة ، وفيما يتعلق بشكل الحقل فإن إنتظام شكل الحقل من عدمه هو الذي يحدد الطريقة المثلى للري ، كذلك فإن نوع المحصول المراد زراعته يؤثر على اختيار طريقة الري الملائمة ، فهناك محاصيل تحتاج إلى الغمر بمياه الري ومحاصيل أخرى لاتتحمل الغمر بالماء لمدة طويلة ومحاصيل كثيفة تلائمها الزراعة بالأحواض أو الشرائح ، أما بالنسبة لعامل القوى العاملة فتتباين أعدادها وخبراتها اللازمة لتنفيذ وإدارة طرق الري تبعاً لطريقة الري المستخدمة .

تطرق **الفصل السابع** إلى تهيئة الأرض وتأثيرها على كفاءة الري والحد من تعرية التربة والعوامل المؤثرة على تهيئة الأرض والتي تشمل التربة وإمكانية تسويتها بالنظر إلى عمق الطبقة الخصبة أو ضحالتها ، وتضاريس الأرض وما يتعلق بها من قطع للبقع المرتفعة وردم المنخفض منها ، وطريقة الري وعلاقتها بمقدار انحدار سطح التربة ، و غزارة الأمطار واحتمال جرف التربة في الانحدارات الشديدة والحاجة إلى الصرف الملائم للسيول الناتجة عنها ، وأسلوب الزراعة واختلافه من المزارع ذات الحيازات الصغيرة إلى المزارع الكبيرة التي تعتمد على المكننة الزراعية :

ينتقل الحديث بعدها إلى تسوية أحواض زراعة الأرز والظروف المصاحبة لتلك التسوية وطريقة إجرائها ، ومراحل تهيئة الأرض (إخلاء الأرض من الشجيرات ، والتسوية التدريجية ، وتخطيط الأرض لاتمام عمليات التسوية)، ويُختتم الفصل ببيان للأخطاء الشائعة عند تسوية التربة ونتائجها والتي تشمل هبوط التربة وتحطم بنائها عند تسويتها وهي مبتلة .

وتحت عنوان «القنوات المفتوحة» يتناول **الفصل الثامن** تلك القنوات بنوعيها قنوات الري ، والمصارف ، ويورد الكتاب أنواع تلك القنوات ووظيفة كل نوع، حيث تشتمل على أنواع القنوات وهي قناة ري رئيسية ، وقناة ري فرعية ، وقناة توزيع ، ومسقى مائي ، وقناة حقلية، ومصرف حقلي ، مصرف رئيسي، كما اشتمل الفصل على كيفية إنشاء القنوات والاحتياطات الواجب أخذها في الحسبان عند الانشاء لمواجهة مشكلتي النحر في القنوات وتسرب مياه الري منها.

يتناول **الفصل التاسع** المنشآت الهيدروليكية التي يتم انشاؤها على قنوات الري لغرض القياس والسيطرة على توزيع المياه ، وللحفاظ على ارتفاع تحكم مناسب ، ولتشتيت الطاقة المائية الزائدة وغير المرغوب فيها . وتشمل المنشآت الهيدروليكية التي تناولها الفصل على المنظمات الأساسية التي تستعمل للتحكم ولقياس تصرف المياه الداخلة في القنوات ، والمنظمات العرضية للوصول إلى ارتفاع التحكم للمحافظة على تدفق ملائم لمياه الري في القنوات ، كما تطرق الفصل إلى استخدام تلك المنظمات لتحويل مياه الري من وحدة ري إلى أخرى ، وشرح للاجزاء الرئيسية للمنظم ، كما تم تناول المساقط أو الشلالات التي تؤمن تدفق المياه في القنوات بسهولة والعمل

على تشتيت الطاقة الحركية الزائدة للمياه، والمصبات الذيلية للتخلص من المياه الفائضة عن الحاجة في قنوات الري، ومخارج القناة التي تتحكم في تدفق المياه إلى وحدات الري مع التعرض لأنواعها .

ينتقل الكتاب بعد ذلك إلى المنشآت الهيدروليكية ضمن وحدات الري، وهي: منشآت لقياس التدفق، ومنشآت لتحويل التدفق من قناه حقلية إلى آخرى، والكوابح لرفع مناسيب المياه فوق مستوى سطح الأرض لتسريع عملية الري، والمساقط التي تعمل على امتصاص طاقة مياه الري المتدفق في القنوات لحمايتها من النحر، والهدارات والقناطر للمحافظة على منسوب ملائم للمياه في قنوات الري الأساسية لتغذية وحدت الري .

خصص **الفصل العاشر** للحديث عن خطوط الأنابيب كنظام للري بدلاً من القنوات المفتوحة بغرض تقليل الفاقد من مياه الري، وتوفير الجهد في إزالة الأعشاب التي تنمو على تلك القنوات، والاستفادة من المساحات التي تشغلها القنوات، والحد من تكاثر الكائنات الحية التي تساهم في تدهور الصحة العامة؛ بعد ذلك تناول الفصل ثلاثة أنظمة رئيسية لخطوط أنابيب الري وهي :

النظام الثابت ويتألف من أنبوب رئيسي وأنابيب فرعية مدفونة جميعها تحت سطح الأرض بصفة دائمة، **والنظام شبه الثابت**، وهو يشبه النظام الثابت، إلا أن الأنابيب الفرعية توجد فوق سطح الأرض وهي مصنوعة من مادة خفيفة وتمتاز بسهولة فكها وتركيبها حيث يتم نقلها من مكان إلى آخر في الحقل حسب الحاجة، **والنظام النقال**، وفيه توجد جميع أنابيب الري فوق سطح الأرض ويتم نقله من مكان لآخر في الحقل حسب الحاجة، ويورد الكتاب الأجزاء التي يتكون منها نظام الأنابيب، حيث تشتمل تلك الأجزاء على مخارج أنبوبية مركب عليها صمامات «ألفا ألفا» أو صمامات «أورشارد»، وهما النوعان الشائع استعمالهما في هذا النظام، والجزء الثاني المكون للنظام هو محابس الري التي تستخدم مع الصمامات لتحسين عملية التحكم في تدفق المياه من مخرج الأنبوب، والجزء الثالث هو الصمامات التي تستعمل للتحكم في تدفق المياه في الخط الرئيسي والخطوط الفرعية (صمامات بوابية وصمامات التحكم)، أما الجزء الرابع والأخير من نظام الأنابيب فهو منافذ التهوية التي تستعمل لطرد الهواء المحصور داخل الأنابيب والذي يعوق سريان مياه الري فيها .

يستعرض **الفصل الحادي عشر** عملية تشغيل أنظمة الري والمعوقات التي تؤدي إلى تدني كفاءتها، وتعريف للاحتياجات المائية لوحدات الري والمياه المتوفرة، مع استعراض لمهمة من المهمات القائمين على تشغيل نظام الري وهي مواءمة العرض والطلب على مياه الري مع عرض لبعض الخيارات لتحقيق تلك المواءمة، والأساليب المتبعة لتنظيم توزيع مياه الري والتي تشتمل أسلوب التدفق المستمر، والتدفق المتناوب، والتدفق عند الحاجة، وأسلوب الخزان المائي، مع التطرق الى الجوانب السلبية والإيجابية لكل أسلوب : بعد ذلك يذكر الفصل بعض المشكلات التي تواجه تشغيل مشاريع الري وطرق مواجهتها، حيث تتمثل هذه المشكلات في رداءة توزيع المياه، وانخفاض الطلب عليها خلال بعض فترات نمو المحاصيل الزراعية، ومحدودية المياه المتوفرة، وعدم الإعتمادية على تجهيز مياه الري للوحدات المستفيدة نتيجة لتدني مستوى التعاون والتفاهم بين عمال تشغيل القنوات وبين المزارعين المستفيدين، إضافة إلى مشكلة تقدير الزمن اللازم لملء وتفريغ قنوات الرى . بعد ذلك يستعرض الفصل القوى العاملة اللازمة لتشغيل أنظمة الري ومسميات وظائفها على ضوء المهام التي تباشرها، ولأهمية عملية التقويم للوصول إلى التشغيل الأمثل لنظم الري يورد الفصل الخطوات المتبعة لإجراء تلك العملية فيما يتعلق بنظام الري، وطريقة الري، مع إعطاء أمثلة تطبيقية لإجراء التقويم .

ولاستمرارية مشاريع الري في آداء عملها بكفاءة، خُصص **الفصل الثاني عشر** لإيضاح عمليات الصيانة لتلك المشاريع، فالقنوات المكشوفة غير المبطنة تواجه مشكلات تتمثل في ترسبات ونمو الأعشاب، وجحور الحيوانات، ونحر الضفاف، لذا يورد المؤلف الطرق الملائمة للتغلب عليها، وفي القنوات المبطنة تتركز عمليات صيانتها في إصلاح الأجزاء الخرسانية التالفة بالإضافة الى إزالة الأعشاب التي تنمو على ترسبات السلت في أحواض الترسيب، وكذلك الحال بالنسبة لإجراء عمليات الصيانة والحماية للمنشآت الهيدروليكية، مع التطرق لنوع الصيانة وفترة إجراءها، فهناك صيانة دورية، وصيانة سنوية، وصيانة طارئة، وجولات تفتيشية، كما يستعرض هذا الفصل الأجهزة المستخدمة في عمليات الصيانة مع تحديد لوظائف الأشخاص المسؤولين عنها .

يتناول **الفصل الثالث عشر** النواحي الصحية لنظم الري من حيث انتشار الامراض المرتبطة بالمياه مثل البلهارسيا والملاريا، والكيفية التي من خلالها تتم مجابهتها والسيطرة عليها .

تعد ترجمة هذا الكتاب دعماً للمكتبة العربية في مثل هذه التخصصات العلمية وبصفة عامة تنحصر الاستفادة منه في المهتمين بدراسة نظم وأساليب الري في الكليات الزراعية والجهات ذات العلاقة إلا أن الملاحظ من تصفح الكتاب أن بعض طرق ونظم الري المذكورة لا تتلائم وعلى وجه الخصوص مع ظروف الثروة المائية بالملكة، إضافة إلى ذلك فإن هناك بعض الملاحظات على صياغة الكتاب باللغة العربية.



من أجل فلذات أكبادنا

كيف يحصل جنين الدجاجة داخل البيضة على الأكسجين ؟

يـنمـو الجنـين ـ بقدرة الله ـ داخل البيضـة المحـاطـة بقشـرة من الكالسيوم الصلب ، وكمـا هو معروف أن الكائن الحي لا بد له من الحـصول على الأكسـجين اللازم للتنفس ، لأن التنفس ضروري للقيام بجميع النشاطات الحيوية الأخرى .

من خلال التجربة التالية سنتعرف عى الطريقة التي يحصل بها جنين الدجاجة على الأكسجين.

● **الأدوات**

قشرة بيضة دجاجة بدون الغشاء ، ورق نشاف أبيض ، ماء ملون (ماء به حبر) ، قطارة.

● **خطوات التجربة**

١ـ ضع قشرة البيضة على ورقة النشاف البيضاء ، شكل (١)

٢ـ إملاء قشرة البيضة إلى منتصفها بالماء الملون ـ مستخدماً القطارة ـ مع ملاحظة عدم وقوع أي قطرات من الماء الملون على ورقة النشاف.

٣ـ إنتظر لمدة ساعة تقريباً.

● **المشاهدة**

بعد مرور الوقت نلاحظ تبلل ورق النشاف الأبيض بالماء الملون ، شكل(٢) .

● **الإستنتاج**

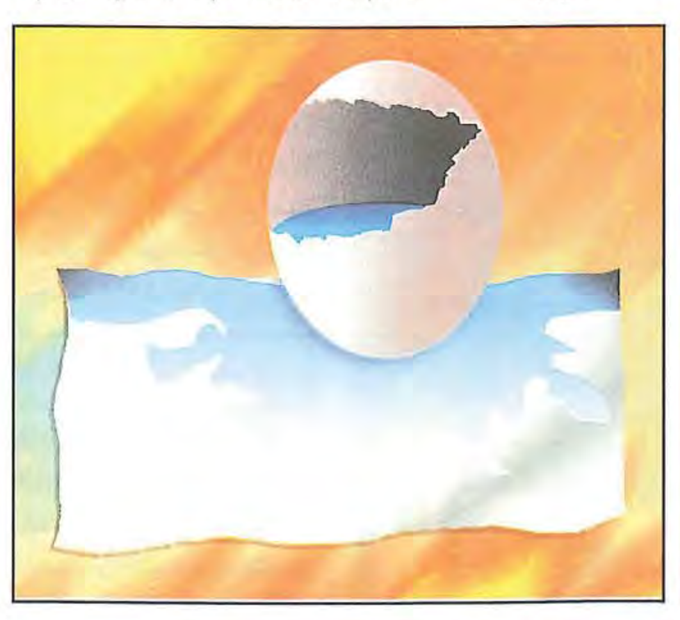
نستنتج أن قشرة البيض الصلبة تحتوي على مسامات سمحت للماء الملون بالمرور ، مما أدى إلى تبلل ورقة النشاف ، ومن هذا نستنتج أيضاً أن الجنين يحصل على حاجته من الأكسجين من الهواء الجوي عن طريق تلك المسامات، فسبحان الخالق الذي خلق كل شيء بقدر.

المصدر :

الحلقة الدراسية الإقليمية حول تبسيط العلوم/ تونس ،١٩٨٥م ، ص ١٩ (بتصرف).



● شكل (١)



● شكل (٢)

كيف تعمل الأشياء

أجهزة الليزر

٧ـ الليزر ليدار

إعداد : د. عطية بن علي الغامدي

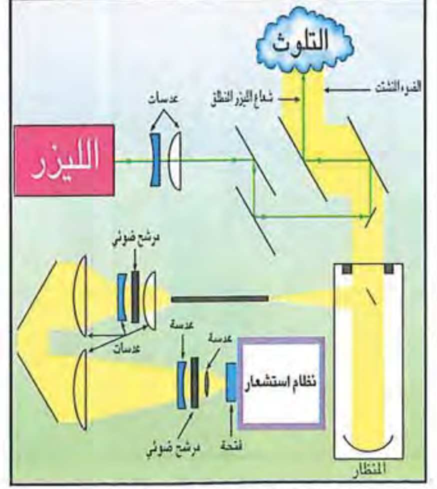


أصبح بالإمكان قياس تلوث الهواء باستخدام أشعة الليزر ، وقد أثبتت هذه التقنية نجاحها بل أضحت تستخدم بشكل واسع في كثير من الدول المتقدمة مثل اليابان وروسيا والولايات المتحدة والدول الأوربية ، حيث أمكن دراسة التلوث ومعرفة نسب ومكونات وكثافة العناصر المختلفة للغلاف الجوي القريب من سطح الأرض داخل المدن ، وتشمل الملوثات التي يمكن قياسها أول أكسيد الكربون (CO) الناجم من الاحتراق غير الكامل لوقود السيارات ، وثاني أكسيد الكربون (CO_2) ، وثاني أكسيد الكبريت (SO_2) ، وثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) ، والاوزون (O_3) ، والعوالق الجوية مثل الأتربة وبخار الماء وغيرها .

تعتمد فكرة قياس الملوثات المذكورة على تقنية الإستشعار عن بُعد (Remote Sensing) بإستخدام طريقة الليزر ليدار (Lidar Laser) المتنقل ـ محمول في سيارة ـ وهي تعني استخدام أشعة الليزر في إستشعار الضوء وتحديد المسافة (Light Detection & Ranging LIDAR) وذلك في التعرف على العناصر المكونة للتلوث وقياس تراكيزها على إرتفاعات مختلفة من سطح الأرض تصل الى ثلاثة كيلومترات مجسمة (ثلاثية الأبعاد).

طريقة عمل الليزر ليدار

تكمن الفكرة الأساسية لتقنية الليزر ليدار من خلال اعتمادها على إرسال شعاع ليزر عبر منظار إلى أجواء المنطقة الواقعة في مجال الكشف عن التلوث حيث يتشتت شعاع الليزر بعد اصطدامه بالعناصر المكونة للتلوث – مثل أول إكسيد الكربون وثاني أكسيد النيتروجين والأوزون ـ ومن ثم ينعكس جزء من الشعاع المشتت إلى منظار ليمر من خلال ليف بصرى موصل بمجموعة من العدسات والمرايا والمرشحات الضوئية التي تعمل على ترشيحه وتوجيهه إلى كاشف إليكتروني حساس



● شكل (١) نظام ليزر الليدار

ليتم تحليل البيانات الصادرة عن طريق حاسب آلى ، شكل (١) ، حيث يتم التعرف على المركبات الموجودة في منطقة التغطية وذلك بواسطة التحكم في الأطوال الموجية المرسلة للغلاف الجوي ، حيث أن قياس كل عنصر من عناصر التلوث يعتمد على الطول الموجى الذي يمكن استشعاره ، جدول (١) ، ومن أمثلة قياسات التلوث يوضح الشكل (٢) نتيجة قياس عنصر التولوين (Toluene) – ملوث هوائي – على نطاق يمتد الى ١ كيلو متر واحد عرضاً في ٦٠٠ متر إرتفاعاً حيث تشير الألوان الداكنة إلى المناطق الأعلى تركيزاً .

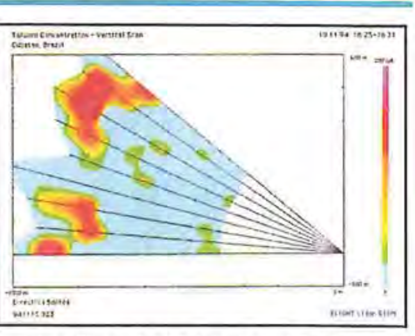
مميزات النظام

من مميزات نظام الليزر ليدارما يلي:

١– معرفة العناصر المكونة للتلوث في الغلاف الجوي عن بعد (Remote Sensing)

م	العنصر	الطول الموجي بالنانو متر (10^{-9}متر)
١	ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)	٢٩٨
٢	ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)	٤٤٠
٣	أول أكسيد النيتروجين (NO)	٢٢٥
٤	أول أكسيد الكربون (CO)	٤٧٠٠
٥	العوالق الجوية	٥٣٢

● جدول (١) بعض الغازات الملوثة والطول الموجي الليزري المناسب لقياسها .



● شكل (٢) قياس تركيز مادة الثولوين بالليزر ليدر.

وعلى ارتفاعات مختلفة .

٢- معرفة كل عنصر من العناصر المكونة للتلوث في الغلاف الجوي بإستخدام نفس الجهاز ، وذلك بالتحكم في الأطوال الموجية المرسلة للغلاف الجوي .

٣- السرعة والدقة في الحصول على



● شكل (٣) نظام الليزر ليدار المحمول.

البيانات والتحاليل ومن ثم إتخاذ القرار في نفس الموقع.

٤- سهولة التنقل من مكان لآخر حيث يوضع النظام في سيارة "فان" (VAN) ، شكل (٣) ، يمكن إنتقالها من منطقة لأخرى .

٥- إمكانية تشغيل وصيانة الجهاز بواسطة شخص واحد مع المساعد .

٦- يعمل النظام بطريقة آلية .

أهداف النظام

من الأهداف التي يمكن تحقيقها بإستخدام هذا النظام . القيام بدراسة تطبيقية في المجالات التالية :

١- التعرف على نسبة تلوث الهواء في المنطقة الواقعة في مجال الليزر ليدار ، حيث سيتم تحديد ملوثات الهواء ونسبها وكثافتها من مصادر التلوث المختلفة الناجمة عن مصادر التلوث المتحركة (كالسيارات والشاحنات) والمصادر الثابتة كالمصانع ومحطات توليد الكهرباء وغيرها من الأنشطة المسببة لتلوث الهواء في بيئة المدن .

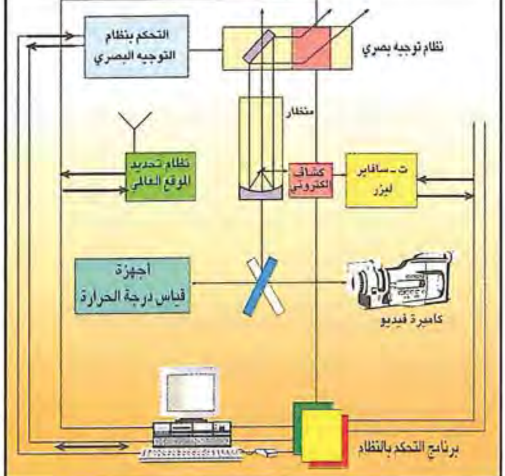
٢- استشعار العناصر المكونة للإنبعاثات الصادرة من المصانع البتروكيميائية وقياس تركيزها ، حيث يتم الإستفادة من هذه المعلومات في دراسة مدى التأثير البيئي الذي تحدثه الأنشطة الصناعية في المناطق المحيطة أو القريبة من المناطق الآهلة بالسكان .

٣- استخدامه كنظام إنذار بيئي مبكر يساهم في إكتشاف التلوث القادم نحو المنطقة الواقعة في مجال المراقبة بالليزر ، المكونة للعناصر المتوقع وجودها لهذا التلوث وحجم التلوث المتوقع ، وبالتالي مدى الضرر الذي يمكن أن تسببه .

مكونات النظام

يتكون النظام ، شكل (٤) ، مما يلي :-

* أجهزة قياس العوامل الجوية (قياس درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح وإتجاهها والضغط الجوي).
* منظار (Telescope) لإرسال واستقبال الشعاع الليزري والشعاع المنعكس .
* جهاز ليزر من نوع - ت - سافاير



● شكل (٤) المخطط الإليكتروني والضوئي لنظام ليزر ليدار.



● شكل (٥) ليزر ت - سافايد مثبت داخل سيارة.

(T-Saphaire) مثبت على منضدة وله مذبذب يعمل بزوج من الألوان ذات نفاذية متغيرة لطولين موجبين (Grant). كما يحتوي جزء الليزر كذلك على خلية "جلفانو - ضوئية" لمعايرة الأطوال الموجية بدقة . وعلى "بلورات ضوئية" للحصول على التوليد التوافقي الثنائي والثلاثي . كما في الشكل (٥) .

* أجهزة تضخيم وتقوية شعاع الليزر .
* كاشفات إلكترونية حساسة مع مجموعة من المرشحات الضوئية والمرايا .
* أجهزة تحكم إلكترونية و وقتية .
* سيارة فان (VAN) لنصب الأجهزة بداخلها .
* حاسبات آلية نقالة ونظام تحكيم وشبكة محلية وطابعة .
* معدات قياس للاختبار الدوري لكفاءة الأجهزة .
* قطع غيار .
* ماسح ضوئي لقياس التلوث بثلاثة أبعاد ، يوضع في أعلا السيارة .
* جهاز تحديد المواقع (GPS) .



مساحة للتفكير

مسابقة العدد

الشكل ذو الستة عشر مربع

ضع الأعداد ١ إلى ١٦ في المربعات الفارغة أدناه بحيث يكون المجموع متساوياً إذا جمعنا الأعداد الموجودة في المربعات أفقياً أو رأسياً أو قطرياً .

أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة « **الشكل ذو الستة عشر مربع** » فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي : -

١- ترفق طريقة الحل مع الإجابة .

٢- تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء .

٣- يوضع عنوان المرسل كاملاً .

سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل ، وسيمنح ثلاثة من أصحاب الإجابة الصحيحة جوائز قيمة ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله .

حل مسابقة العدد الرابع والأربعين

المربع العجيب

قراءنا الأعزاء :

كما عودناكم نشر حل مسابقة العدد السابق، والحل في هذا العدد بسيط جداً لدرجة أن القارئ قد لا يتخيله أو يخطر على باله ، فالمطلوب هو إيجاد مجموع الأرقام في مربعات أفقية ورأسية بحيث يكون متساوي، والحل هو كالتالي :

* مجموع الأعداد من ١ إلى ٩ = ٤٥

وبما أنها ستجمع أفقياً ورأسياً فسيكون المجموع مضاعفاً أي

$٤٥ \times ٢ = ٩٠$

وبما أن مجموع الصفوف الرأسية والأفقية = ٦

* مجموع الأرقام في أي صف رأسي أو أفقي سيكون

$\frac{٩٠}{٦} = ١٥$

أعزاءنا القراء

تلقت المجلة العديد من الرسائل التي تحمل حل مسابقة **العدد الرابع والأربعين « المربع العجيب »** ، وقد تم استبعاد جميع الحلول التي لم تستوف شروط المسابقة ، وكذلك الرسائل التي وصلت متأخرة عن الموعد المحدد . وبعد فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كل من : ـ

١ـ د. جميل حفني — الرياض

٢ـ وليد عبد الله الجويعي — الرياض

٣ـ عبد المنعم عبد الله الدهان — القطيف

ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدايا قيمة ، سيتم إرسالها لهم على عناوينهم ، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد القادمة .

مصطلحات علمية (*)

* بازلت **Basalt**

صخر ناري بركاني داكن اللون دقيق الحبيبات يتألف أساساً من البلاجيوكليز ومعدن البيروكسين .

* بلوكات بركانية **Block Lava**

طفوح بركانية لزجة غنية بالسيليكا تتكسر على هيئة بلوكات ذات حافات حادة .

* سمنتة **Cementation**

تلاحم يؤدي إلى تحجر الرواسب الناتجة من تبلور المعادن من المحاليل المتواجدة .

* تشرت **Chert**

صخور رسوبية كيميائية المنشأ تتكون من السيليكا الدقيقة .

* متوافق **Concordant**

اصطلاح يستعمل لوصف الأجسام النارية الغازية للطبقات الرسوبية والموازية للحدود الطبقية المحيطة بهذه الأجسام .

* كتل متحجرة **Concretion**

كتل متحجرة تتكون في الطبقات الرسوبية نتيجة ترسيب ـ من المياه الجوفية ـ حلقات متمركزة ابتدأت من نواة حفرية كاملة .

* الجيولوجيا الاقتصادية

Economic geology

فرع من فروع الجيولوجيا يتعامل مع قيمة الموارد الطبيعية ومدى الحاجة إليها ، ومقدار تأثيرها على الاقتصاد بصورة عامة .

* فلدسبار **Feldspar**

معادن تحتوي على كمية كبيرة من السيليكون والأوكسجين والألمنيوم .

* تورق **Foliation**

تعاقب طبقات من معادن مختلفة مترتبة بصورة متوازية بعضها للبعض الآخر ، وهي ظاهرة تميز الصخور المتحولة عن غيرها من الصخور الأخرى.

* جرانيت **Granite**

صخر ناري جوفي ذو حبيبات خشنة ، يتألف من معادن فاتحة اللون وبصورة رئيسة الأورثوكليز والكوارتز.

* نشاط ناري **Igneous acticity**

نشاط يؤدي إلى تكوين موائع حارة جاءت من طبقة الوشاح ارتفعت نحو القشرة الأرضية ثم تبرد لتكون الصخور النارية الصلبة .

* تحجر **Lithification**

تحويل الرواسب المفككة إلى صخور رسوبية بفعل التلاحم والتبلور والتبادل البلوري .

* سحن متحولة

Metamorphic facies

صخور متحولة تكونت نتيجة التغير الكبير في الصخور الرسوبية أو النارية بفعل الحرارة والضغط أو التأثير الكيميائي .

* زجاج طبيعي **Obsidian**

زجاج بركاني سيليكوني ، ذو جزيئات كلسية كروية صغيرة (أقل من ٢ ملم) ، تتألف من أيونات الكالسيوم ذات تراكيب داخلية كروية وشعاعية .

* جرانيت كروي **Orbicular granite**

جرانيت يحتوي على بلورات بيضاوية أو دائرية .

* خام المعادن **Ore**

مكمن طبيعي تستخرج منه بعض المواد بشكل اقتصادي .

* الصخور الأم **Parent rocks**

صخور أصلية تغيرت أو تحولت إلى أنواع أخرى من الصخور كالصخور المتحولة .

* صخر بورفيري

Porphyritic Rock

صخر ناري جوفي يحتوي على بلورات كبيرة تشغل أكثر من ٢٥٪ من حجم الصخر الأصلي .

* تحول بولوتوني

Pultonic metamorphism

تغير الصخور الرسوبية العميقة إلى صخور متحولة دقيقة الحبيبات تشبه الصخور النارية .

* سيال **Sial**

طبقة تقع تحت القارات مؤلفة أساساً من صخور غنية بالسيليكون والألمنيوم .

* سيليكات **Silicate**

معادن تتألف من السيليكون والأكسجين . وتنقسم إلى نوعين إما أن تكون حديدو مغناطيسية ، أو غير مغناطيسية .

* سيما **Sima**

طبقة تحت السيال تتألف بصورة أساس من الصخور الغنية بالسيليكون والمغنيسيوم .

* تطابق صخري **Stratification**

تتابع الرواسب والصخور الرسوبية على هيئة طبقات صخرية منتظمة .

* درع بركاني **Volcanic shield**

جبل مخروطي من الصخور البركانية ينشأ بفعل انفجارات الصهير البركانية المائعة الغنية بالحديد والمغنيسيوم .

* منطقة التلاحم

Zone of cementation

مساحة تتفاعل عندها المياه الجوفية والمواد الصخرية حيث يترسب منها المعادن لتكون مواد لاحمة تتماسك بواسطتها الصخور .

المصدر :

* الجيولوجيا الفيزيائية ، الجزء الأول ، ١٩٨٣م جامعة البصرة ـ العراق .



جيوكيمياء اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم في الأجزاء الشمالية من الدرع العربي والغطاء الرسوبي الفانيري

قامت مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية في الفترة من ١٤٠٥ إلى ١٤٠٧هـ بتدعيم مشروع بحثي يهدف إلى دراسة جيوكيمياء اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم في الأجزاء الشمالية من الدرع العربي والغطاء الرسوبي الفانيري .

وقد تم إجراء هذا البحث في كلية علوم الأرض ، جامعة الملك عبدالعزيز بجدة ، وكان الباحث الرئيس لهذا المشروع د.محمد أحمد قزاز .

خطوات البحث

قام الفريق البحثي بإجراء عدة خطوات لإستكمال متطلبات البحث أهمها مايلي :-

١- جمع حوالي ١٦٠٠عينة تمثل ثلاثين متكوناً ووحدة صخرية في مسارين من الدرع العربي الشمالي ، الأول من الرياض شرقاً بطول ٧٠٠كم إلى المدينة المنورة غرباً ، والثاني من المدينة المنورة متجهاً إلى الشمال الغربي بطول ٨٠٠كم ، ويخترق المساران العديد من الأقاليم التكتونية التي تشمل لوحات قارية صغيرة ، وأقاليم أقواس جزر ، ومناطق درز (Suture areas) ، وأحزمة تجبلية، (Ophiolitic belts) ، ويحدها جميعاً رصيف ثابت من الغطاء الرسوبي .

٢- قياس نسب كل من اليورانيوم ، والثوريوم ، والبوتاسيوم في العينات (١٦٠٠عينة) باستعمال نظام العد الاشعاعي لأشعة جاما وبيتا .

٣- حساب الأوساط الهندسية والقيم المتغيرة الأخرى لكل وحدة صخرية أو كتلة بلوتونية منفردة ، إضافة إلى الوحدات الصخرية أو الكتل المتشابهة في تكوينها وأوضاعها التكتونية ، وعمرها ، أو المناطق الجغرافية التي تتجمع بها تلك الكتل ، حيث تشكل هذه النتائج أساساً مناسباً للحصول على معلومات عن متوسط العناصر المشعة ونمط إنتشارها في الوحدات الصخرية للقطاعات المختلفة .

٤- دراسة حالة التوازن لحوالي ٤٠٠عينة مختارة باستعمال بيانات اليورانيوم الكلي المعينة بوساطة القياسات الفلورومترية .

نتائج البحث

تمثلت أهم نتائج البحث في الآتي :-

١- إنتشار طبيعي لوغاريتمي مميز للعناصر المشعة (اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم) خاصة لليورانيوم ، والثوريوم ، كما أظهرت معاملات الارتباط غير المعيارية إختلافاً ظاهراً بين العناصر الثلاثة من منطقة لأخرى تبعاً لإختلاف المناطق ، والأوضاع التكتونية ، وأعمار الصخور .

٢- تأثر محتوى الصخور من العناصر المشعة تأثراً شديداً بالأوضاع التكتونية الإقليمية ، وكذلك بتطور النشأة الصخرية .

٣- إحتواء العينات المجمعة من القطاعات التي تقع فوق صخور قشرية قارية على نسب أعلى من العناصر المشعة عن تلك العينات المجمعة من مناطق موجودة فوق تجمعات لصخور أقواس جزر .

٤- تميز العينات المجمعة من الحزام التجبلي لإقليم نبيطة الشمالي بتحرك عالي لليورانيوم والثوريوم ، وبمدى أوسع في نسب العناصر إضافة إلى معامل إرتباط ضعيف .

٥- تأثير عمر الوحدة الصخرية تأثيراً هاماً في الاختلافات الموجودة في نسب العناصر المشعة حيث تتميز الوحدات الصخرية أو البلوتونات حديثة العمر بنسب أعلى إذا ما قورنت بالكتل الصخرية الأقدم عمراً .

٦- زيادة متوسط المحتوى من العناصر المشعة مع زيادة نسبة السيليكا في الصخر ، حيث رصدت نسب عالية مميزة من اليورانيوم والثوريوم في صخور الكوارتز سيانيت التكتونية في مربع مسكة .

٧- إحتواء صخور الغطاء الرسوبي على نسب منخفضة جداً من العناصر المشعة .

٨- أظهرت العينات المنفردة إختلافات واسعة في نسب الراديوم المكافىء لليورانيوم إلى اليورانيوم الكلي (أقل من ٠,٢ إلى أعلى من ٠,٣) إلا أن متوسط هذه النسب لوحدات المتكونات الصخرية أو الكتل البلوتونية تظل في حدود المدى العادي (١+٠,١٢) في أغلب الحالات ، ويعد ذلك مؤشراً على تحرك اليورانيوم داخل الوحدات أو الكتل وليس خارجها . وترتبط مثل هذه الاختلافات بعمليات التجوية ، ولاينتج عنها تكون تجمعات هامة لليورانيوم ، إلا أنه لوحظ تغير أكبر في النسبة المذكورة في الأقاليم التجبلية والمناطق المصاحبة لتكاوين شد مكثفة كتلك المصاحبة لنظام صدوع نجد .

٩- سُجلت أعلى قيم للإنتاج (التوليد) الحراري - باستعمال محتوى الصخور من اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم - في قطاعات مسكة والحسو خاصة في المناطق التي تسود بها صخور الجرانيت والصخور البركانية السليسية التي تسفلها صخور قاعدة قشرية قارية ، بينما رصدت أقل قيم للإنتاج الحراري في قطاعات المدينة وخيبر ومدين في المناطق التي تسود فيها صخور الجرانيت في هذه القطاعات ، وقد يرجع السبب في ذلك إلى وجود صخور أقواس جزر أسفل صخور الجرانيت في هذه القطاعات .

١٠- تأثر الاختلافات في قيم الإنتاج الحراري - في إطار كل قطاع - بطبيعة التكوين الصخري لهذا القطاع ، كما تظهر هذه الإختلافات دلالات إحصائية متنوعة .

١١- رصد شذوذ إشعاعي مرتبط بتسرب ماء مالح عبر نظام شقوق مركب في جسم جرانيتي بجبل شار في قطاع مدين . وعُزي المصدر الرئيس لهذا الشذوذ الاشعاعي إلى الراديوم - ٢٢٦ ، والبزموت - ٢١٤، ونتج عن هذا التسرب النبعي ترسب طبقة من أملاح وأكاسيد حديد ومنجنيز متميهة يبلغ محتواها من اليورانيوم نسبة مئوية ضئيلة من محتواها من الرادون .

وطبقاً للدراسات والمناقشات النظرية على الحركة النسبية للرادون واليورانيوم بوساطة مياه النبع فإنه يعتقد أن صخور المصدر الحاوية على نسب عالية من اليورانيوم التي تفاعلت معها مياه النبع موجودة قريباً من مخرج النبع ، وبناء على ذلك يوصي الباحثون إجراء دراسات تفصيلية للبحث عن مصادر لليورانيوم بالمنطقة.

البيات الشتوي والمخ

يتحمل الإنسان النوم في الأجواء الحارة والأجواء شديدة البرودة . أما الحيوانات فإنها تتعرض لإنخفاض شديد في درجة حرارة أجسامها ، ولكي تبقى حية في تلك الظروف فإنها تقضي فترة الشتاء بحالة سبات (نوم).

ومما يثير إهتمام العلماء هو كيفية إدراك الحيوانات لبداية ونهاية البيات الشتوي ، فمن المعلوم أن الحيوانات تدخل في البيات في أوقات محدد ، حتى في الظروف غير الإعتيادية من الضوء والحرارة . ومن المثير أيضاً أن الحيوانات تقوم خلال تلك الفترة برفع درجة حرارة أجسامها إلى المعدل الطبيعي ، وتستيقظ لمدة يوم تقريباً ، وذلك كل فترة تتراوح ما بين ٢-١٤ يوماً . ويؤكد العلماء على وجود ساعة داخلية تتحكم في هذه الظاهرة إلا أن موقعها لا يزال يحيرهم.

يذكر **نورمان روبي (Norman F. Ruby)** وزملاؤه من جامعة ستانفورد أنه من المعلوم جيداً دور مركز التصالب البصري تحت المهادي للمخ (Brain's hypothalamic suprachiasmatic nucleus-SCN) في التحكم في التوازن اليومي للجسم، وتنظيم البيات الشتوي.

وبناءً على ذلك قام **روبي** ومساعدوه بإتلاف مركز التصالب البصري تحت المهادي للمخ في ثمانية من السناجب الأرضية ذات الفرو الذهبي (Spermophilus lateralis) والتي عادة تمارس البيات الشتوي لمدة تتراوح ما بين ٥-٧ أشهر في السنة ، ثم قاموا بمقارنة عادة البيات الشتوي لهذه الحيوانات داخل المختبر مع ستة من الحيوانات السليمة لمدة عامين ونصف . وقد أشار فريق البحث من الأكاديمية الوطنية لتقدم العلوم في ٣سبتمبر إلى أن الحيوانات التي تفتقر إلى (SCN) أستيقظت خلال فترة البيات الشتوي أكثر من الحيوانات السليمة.

ومع أن الحيوانات التي تفتقر إلى (SCN) إبتدات بالبيات الشتوي في الوقت الطبيعي إلا أن أربعة منها إستمرت بالبيات لمدة شهر بعد إستيقاظ الحيوانات السليمة ، أما الأربعة الأخرى فقد مرت بفترات من البيات طول مدة الدراسة.

يشير الفريق البحثي إلى أن البياتات الشتوية المتتابعة قد تسبب أذى لمنطقة التصالب البصري والتي لم تصب بأي أذى في الأربعة الأخرى.ويضيف الباحث **بارن (Barnes)** : إن الحيوانات قد تعرضت إلى ضرر في المنطقة القريبة من الـ (SCN) ، أما الباحث **روبي** فيشير إلى أن "إزالة الـ (SCN) من الحيوان عطلت المعدل السنوي الطبيعي لزيادة الوزن " . كما أن إستمرار البيات الشتوي لفترة طويلة أدى إلى نقص شديد في الوزن تجاوز النقص في الأربعة الأخرى والتي يقل وزنها عن الحيوانات السليمة. إضافة إلى أن فقد الـ (SCN) عطل النظم اليوماوية (Circadian rhythms) للنشاط - نظم حيوية - لمدة ٢٤ ساعة ، و يؤكد الباحثون أن لهذه الحالة تأثير خفيف على طرز البيات الشتوي للحيوانات.

المصدر :

Science News, Vol.150, Sept.7,1996, p.148

طريقة حديثة لأطفال الأنابيب

إكتشف الأزواج الذين حرموا من نعمة الأطفال أن عملية التلقيح خارج الرحم (في الأنابيب المخبرية) (In Vitro Fertilization - IVF) مكلفة وليست المكان الطبيعي لحمل الجنين ، أما التقنية الجديدة التي تجرب الآن في الولايات المتحدة فإنها قد تجعل من أطفال الأنابيب تجربة مقبولة يمكن لكثير من الأزواج تاديتها.

يامل **جفري رسل (Jeffrey B. Ruessel)** وزملاؤه من مركز ديلاوير (Delaware) للإخصاب والغدد الصماء في مدينة نيوارك بان التقنية الجديدة ، المسماة بإستعادة البويضات غير الناضجة (Imature Oocyte Retrieval-IVF) ستقلل من التكاليف والمخاطر والإزعاج.

تستقبل المرأة في التجارب القياسية لتقنية التلقيح خارج الرحم (IVF) جرعات يومية من هرمون قوي لمدة شهر أو أكثر ، مما يحفز المبيض على إفراز حوالي ٢٤ بيضة جاهزة للتلقيح، عندها يستطيع الأطباء خلال عشرة أيام سحب البويضات من المبيض بدون عملية ، ثم تلقيحها بالمختبر ، وعندما تصل البويضات الملقحة إلى جنين ذي ٣٢ خلية تتم زراعتها في رحم الأم.

تختلف الطريقة الحديثة - طبقت على الفئران والبقر لعقد مضى وجربت على الإنسان لأول مرة في كوريا عام ١٩٩٢م - عن الطريقة القياسية من حيث التوقيت ، فبدلاً من إنتظار نضج البويضات داخل المبايض فإن الأطباء يستخلصون البويضات غير الناضجة منها ، ثم يدفعونها للنضج خارج المبيض ، وذلك بتبليلها بكميات قليلة من هرمونات نشطة ، مما يؤدي إلى نضجها ، وهذا يوفر على النساء حقن الهرمونات اليومية التي تكلفهن ثلاثة آلاف دولار لكل محاولة ، إضافة إلى الأعراض التي تظهر عليهن من صداع ، وغثيان ، وتورم . والأسوأ من ذلك أن بعض الأطباء يعتقد أن الحقن قد تؤدي - بدرجة خفيفة - إلى الإصابة بسرطان المبايض.

يقول الباحث **رسل** أن ما نراه الآن هو تقنية متطورة ، وسيأتي الوقت الذي يتضح فيه تفوقها على التقنية الحالية (IVF) من حيث نسبة النجاح ، والأمان ، وقلة التكاليف ، ويضيف : بأن لدينا القدرة على إيقاف كثير من الأدوية التي يؤدي تعاطيها إلى الإصابة بسرطان المبيض ، إضافة إلى تخفيض الوقت اللازم لإتمام عملية الإخصاب بحوالي ٧٥٪ و ٤٠٪ من التكاليف مقارنة بالطريقة القياسية (IVF).

وإذا حققت هذه التقنية المتوقع منها ولو جزئياً ، فإنها ستستقطب عدداً كبيراً من الأزواج المحرومين من الأطفال ، بدلاً من التقنية القياسية (IVF) التي تكلف خزينة الزوجين تسعة آلاف دولار للمحاولة الواحدة ، وبمعدل نجاح متدني لا يتجاوز ١٨٪ ، ومعدل إنفاق يتجاوز بليوني دولار سنوياً في الولايات المتحدة فقط.

حصل **رسل** من تجاربه على ستة أجنة من أول ثمان مريضات جرب عليهن التقنية الجديدة واحدة منهن فقط حملت وانجبت بنتاً. علماً بأن أولئك المريضات قد جربن الطريقة القياسية (IVF) بمجموع محاولات يقارب ١٨ مرة إلا أنها فشلت كلها.

ومع أن حالة ولادة واحدة في حالة الإنسان لا تشكل سوى نسبة نجاح مقدارها ٥٪ إلا أن **جون أبيج (John Appig)** من مختبر جاكسون في مدينة هاربر بولاية مين يقول: إن سجل **رسل** يوحي بتحسن تقنيته ، لأن حوالي ٤٥٪ من البيض الناضج خارج الجسم أعطى مئات من الفئران السليمة ، و لم نلاحظ حتى الآن اي شيء غير طبيعي.

المصدر :

Sience News, Vol. 149, May 11, 1996, P. 295

ثقب أسود في مركز المجرة

أعلن فريق علمي ألماني وآخر أمريكي - منفصلين - عن دلائل لوجود ثقب أسود كثيف في مركز مجرة درب التبانة التي تنتمي إليها المجموعة الشمسية . تم الإعلان عن هذا الاكتشاف أثناء اجتماع الجمعية العمومية للاتحاد الفلكي العالمي الذي عقد في آخر اغسطس ١٩٩٧م بمدينة كيوتو غرب اليابان .

ويذكر **رينهارد جنزيل (Rein- harde Genzel)** رئيس الفريق الألماني بمعهد ماكس بلاك أن فريقه استخدم منظاراً في شيلي ليجد نجم يبعد بحوالي أسبوع ضوئي من مجرة درب التبانة ويدور حول مركز المجرة بسرعة ٢٠٠٠ كلم في الثانية .

ويذكر **جنزيل** أن الحسابات المبنية على سرعة ذلك النجم تدل على وجود جسم في مركز المجرة وبكتلة ٢,٥ ألف مرة من كتلة الشمس مما يؤكد أن هذا الجسم العظيم ما هو إلا ثقب أسود .

من جانب آخر يذكر فريق أمريكي يعمل في جامعة كاليفورنيا أنهم توصلوا إلى نفس الاكتشاف باستخدامهم أكبر منظار في العالم يبلغ قطره عشرة أمتار .

ويذكر **يوش ياكي سوبيو (Yoshiaki Sobue)** أستاذ الفلك بجامعة طوكيو أن هذا الاكتشاف يعد برهاناً ساطعاً على وجود ثقب أسود في وسط المجرة ، ويضيف **سوبيو** « أن الإشارات الراديوية للأشعة السينية القادمة من المجرة تشير إلى وجود شيء ما ، ولكن لم يكن هناك دليل قاطع بوجود الثقب الأسود إلا بعد الملاحظة الأخيرة لعالم الفلك **جنزيل** » .

مما يجدر ذكره أن وجود الثقب الأسود يدعم نظرية **أينشتين** القائلة بأن للضوء وزن وأنه يمكن حبسه في حقل من الجاذبية .

المصدر :

Japan Science Scan, August 25, 1997.



مع القـــراء

الأخوة القراء الكرام

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته وبعد :ـ

أهلاً بكم في مجلة الجميع مجلة العلوم والتقنية وقد سررنا لما لمسناه من إقبال متزايد على هذه المجلة سواء عبر الرسائل البريدية أو الاتصالات الهاتفية أو حتى الحضور إلى مقر المجلة . ولكن هناك ملاحظات نرجو أن تؤخذ من قبل القراء الكرام في الحسبان وهي أننا لا نهمل أي رسالة وصلتنا ولكن قد يكون هناك ظروف معينة تحول دون وصول بعض الرسائل . فليس هناك ما يمنع من تكرار المحاولة ، والله الموفق .

● الأخ / صالح علي السنيدي ـ الرياض

نشكرك على ملاحظاتك اللغوية فهي بلا شك ملاحظات تدفعنا إلى بذل المزيد من الحرص والدقة للوصول إلى الأفضل فالعمل البشري مهما بُذل فيه من جهد فلن يصل إلى درجة الكمال فالكمال لله وحده سبحانه وتعالى . فأهلا بك على أمل أن يستمر التواصل بيننا .

● الأخ / عبدالرحمن منصور الجزولي ـ خميس مشيط

وصلتنا رسالتك وقد سرنا قراءتك المتمعنة للمجلة مما أثلج صدورنا وهو ما يدفعنا لبذل المزيد من العطاء ، كما نشكرك على ملاحظاتك الجيدة والتي تشير إلى بعض الأخطاء التي وردت سهواً . ويسعدنا أن تصلك المجلة على عنوانك . فأهلاً بك

● الأخ / عيسى عبدالهادي عيسى ـ الباحه

سعدنا بوصول رسالتك إلينا وسوف تصلك المجلة على عنوانك الجديد بإذن الله ، أما فيما يخص الاستفسارات التي وردت في رسالتك فيمكنك مراسلة معهد بحوث الطاقة الشمسية بمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية ص . ب ٦٠٨٦ الرياض ١١٤٤٢ .

● الأخت / بثينه عبدالله البنعلي ـ قطر

رسالتك وصلت شاكرين ماحوته من عبارات الثناء والمديح للمجلة . ويسعدنا تلبية طلبك بإدراج اسمك ضمن قائمة توزيع المجلة . فأهلاً بك وبجميع القراء في خليجنا العربي.

● الأخ / محمد الصالح ـ رئيس نادي الفوارس ـ الاحساء

لا شكر على واجب يا أخانا فما نقوم به ما هو إلا جزء مما يمليه علينا واجبنا تجاه شباب وطننا الغالي ، شاكرين تواصلكم معنا .

● الأخ / أحمد عبدالرحمن الشبل ـ المدينة المنورة

وصلتنا رسالتك بكل سرور ويسعدنا تلبية طلبك مما يتوفر من الأعداد الماضية فأهلاً بك .

● الأخ / صلاح حامد رمضان ـ مصر

سعدنا بوصول رسالتك وسوف نقوم بإرسال مايتوفر من الأعداد الماضية كما تم إدراج إسمك ضمن قائمة توزيع المجلة .

● الأخ / جمعه النايف ـ سوريا

شكراً على ماورد في رسالتك وسوف نقوم بادارج اسمك ضمن قائمة التوزيع .

● الأخ / إتصورت التهامي ـ المغرب

سوف تصلك المجلة على عنوانك الجديد بإذن الله .

● الأخ / بني يحيى محمد المختار ـ الجزائر

لاشكر على واجب يا أخانا وسوف تصلك المجلة على عنوانك الجديد .

● الأخ / علاء الدين البيانوني ـ الإمارات

وصلتنا رسالتك شاكرين ماحوته من إطراء للمجلة ، كما يسعدنا إدراج اسمك ضمن قائمة توزيع المجلة .

● الأخ / محمد الحبيب كرار ـ السودان

شكراً لك على ماورد في رسالتك من عبارات مديح للمجلة ، كما يسعدنا تلبية طلبك بإدراج اسمك ضمن قائمة توزيع المجلة . أما فيما يخص ماورد في رسالتك من طلبات فيؤسفنا عدم تلبيتها لعدم توفرها لدينا .

● الأخ / عمر مرشود الحربي ـ الدوادمي

يسعدنا تلبية طلبك بالانضمام إلى قائمة توزيع المجلة ويا مرحباً .

● الأخوة / جمال بحري ، مولادي ناديه ، إبراهيم كمودة ، بوجمعه عبده

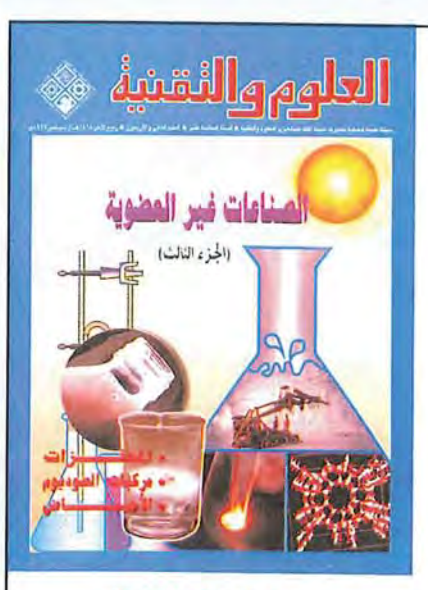
وصلتنا رسائلكم ويسعدنا أن تنضموا إلى قائمة توزيع المجلة .

الأعداد الصادرة من المجلة خلال عام ١٤١٨هـ



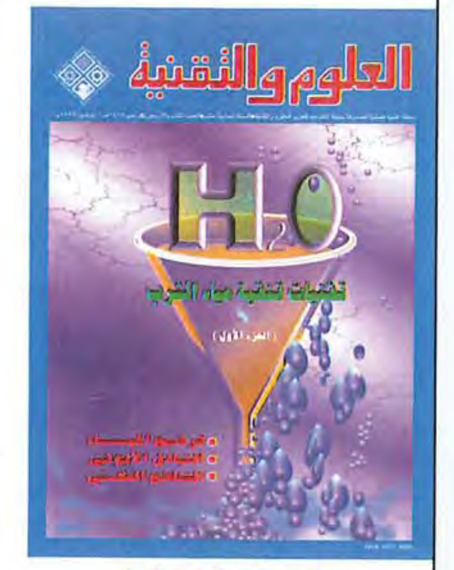
محتويات العدد (٤١)

* الأصباغ .
* الألياف غير العضوية (٢) .
* الدهانات .
* صناعة الكبريت .
* الجبس .
* الصناعات النووية (١) .
* ملف العلوم والتقنية .



محتويات العدد (٤٢)

* الصناعات النووية (٢) .
* المحفزات غير العضوية .
* مركبات الصوديوم .
* المركبات الكلورية .
* الفوسفور ومركباته الكيميائية .
* الأحماض غير العضوية .
* الأسمدة البوتاسية .
* الغازات الصناعية .



محتويات العدد (٤٣)

* عمليات تنقية المياه .
* تهوية وتبريد المياه .
* تيسير المياه بالترسيب الكيميائي .
* التبادل الأيوني .
* تقنية التناضح العكسي .
* ترشيح المياه .



محتويات العدد (٤٤)

* الفرز الغشائي الكهربي .
* التبخير متعدد المراحل .
* المواد العضوية في مياه الشرب .
* مخلفات محطات التنقية .
* المعالجة النهائية لمياه الشرب .
* معالجة المياه في المنزل .
* تكلفة إنتاج مياه الشرب .

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ص.ب ٦٠٨٦ ـ الرياض ١١٤٤٢ ـ ت ٤٨٨٣٤٤٤ ـ فاكس ٤٨٨٣٧٥٦



الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر

تليفون ٤٨٨٣٤٤٤ / ١٤٠ ـ فاكس ٤٨٨٣٧٥٦

١٤١٩هـ	محرم	صفر	ربيع الأول	ربيع الثاني	جمادى الأولى	جمادى الآخرة	رجب	شعبان	رمضان	شوال	ذو القعدة	ذو الحجة
١٩٩٨م ١٩٩٩م الأيام	ابريل مايو ١٩٩٨م	مايو يونية	يونية يولية	يولية اغسطس	اغسطس سبتمبر	سبتمبر اكتوبر	اكتوبر نوفمبر	نوفمبر ديسمبر	ديسمبر ١٩٩٨م يناير ١٩٩٩م	يناير فبراير	فبراير مارس	مارس ابريل
السبت									19 ١			
الأحد					23 ١				20 ٢			
الاثنين	27 ١				24 ٢	21 ١			21 ٣	18 ١		
الثلاثاء	28 ٢	26 ١			25 ٣	22 ٢			22 ٤	19 ٢		
الأربعاء	29 ٣	27 ٢			26 ٤	23 ٣	21 ١		23 ٥	20 ٣	17 ١	
الخميس	30 ٤	28 ٣	25 ١		27 ٥	24 ٤	22 ٢		24 ٦	21 ٤	18 ٢	18 ١
الجمعة	1 ٥	29 ٤	26 ٢	24 ١	28 ٦	25 ٥	23 ٣	20 ١	25 ٧	22 ٥	19 ٣	19 ٢
السبت	2 ٦	30 ٥	27 ٣	25 ٢	29 ٧	26 ٦	24 ٤	21 ٢	26 ٨	23 ٦	20 ٤	20 ٣
الأحد	3 ٧	31 ٦	28 ٤	26 ٣	30 ٨	27 ٧	25 ٥	22 ٣	27 ٩	24 ٧	21 ٥	21 ٤
الاثنين	4 ٨	1 ٧	29 ٥	27 ٤	31 ٩	28 ٨	26 ٦	23 ٤	28 ١٠	25 ٨	22 ٦	22 ٥
الثلاثاء	5 ٩	2 ٨	30 ٦	28 ٥	1 ١٠	29 ٩	27 ٧	24 ٥	29 ١١	26 ٩	23 ٧	23 ٦
الأربعاء	6 ١٠	3 ٩	1 ٧	29 ٦	2 ١١	30 ١٠	28 ٨	25 ٦	30 ١٢	27 ١٠	24 ٨	24 ٧
الخميس	7 ١١	4 ١٠	2 ٨	30 ٧	3 ١٢	1 ١١	29 ٩	26 ٧	31 ١٣	28 ١١	25 ٩	25 ٨
الجمعة	8 ١٢	5 ١١	3 ٩	31 ٨	4 ١٣	2 ١٢	30 ١٠	27 ٨	1 ١٤	29 ١٢	26 ١٠	26 ٩
السبت	9 ١٣	6 ١٢	4 ١٠	1 ٩	5 ١٤	3 ١٣	31 ١١	28 ٩	2 ١٥	30 ١٣	27 ١١	27 ١٠
الأحد	10 ١٤	7 ١٣	5 ١١	2 ١٠	6 ١٥	4 ١٤	1 ١٢	29 ١٠	3 ١٦	31 ١٤	28 ١٢	28 ١١
الاثنين	11 ١٥	8 ١٤	6 ١٢	3 ١١	7 ١٦	5 ١٥	2 ١٣	30 ١١	4 ١٧	1 ١٥	1 ١٣	29 ١٢
الثلاثاء	12 ١٦	9 ١٥	7 ١٣	4 ١٢	8 ١٧	6 ١٦	3 ١٤	1 ١٢	5 ١٨	2 ١٦	2 ١٤	30 ١٣
الأربعاء	13 ١٧	10 ١٦	8 ١٤	5 ١٣	9 ١٨	7 ١٧	4 ١٥	2 ١٣	6 ١٩	3 ١٧	3 ١٥	31 ١٤
الخميس	14 ١٨	11 ١٧	9 ١٥	6 ١٤	10 ١٩	8 ١٨	5 ١٦	3 ١٤	7 ٢٠	4 ١٨	4 ١٦	1 ١٥
الجمعة	15 ١٩	12 ١٨	10 ١٦	7 ١٥	11 ٢٠	9 ١٩	6 ١٧	4 ١٥	8 ٢١	5 ١٩	5 ١٧	2 ١٦
السبت	16 ٢٠	13 ١٩	11 ١٧	8 ١٦	12 ٢١	10 ٢٠	7 ١٨	5 ١٦	9 ٢٢	6 ٢٠	6 ١٨	3 ١٧
الأحد	17 ٢١	14 ٢٠	12 ١٨	9 ١٧	13 ٢٢	11 ٢١	8 ١٩	6 ١٧	10 ٢٣	7 ٢١	7 ١٩	4 ١٨
الاثنين	18 ٢٢	15 ٢١	13 ١٩	10 ١٨	14 ٢٣	12 ٢٢	9 ٢٠	7 ١٨	11 ٢٤	8 ٢٢	8 ٢٠	5 ١٩
الثلاثاء	19 ٢٣	16 ٢٢	14 ٢٠	11 ١٩	15 ٢٤	13 ٢٣	10 ٢١	8 ١٩	12 ٢٥	9 ٢٣	9 ٢١	6 ٢٠
الأربعاء	20 ٢٤	17 ٢٣	15 ٢١	12 ٢٠	16 ٢٥	14 ٢٤	11 ٢٢	9 ٢٠	13 ٢٦	10 ٢٤	10 ٢٢	7 ٢١
الخميس	21 ٢٥	18 ٢٤	16 ٢٢	13 ٢١	17 ٢٦	15 ٢٥	12 ٢٣	10 ٢١	14 ٢٧	11 ٢٥	11 ٢٣	8 ٢٢
الجمعة	22 ٢٦	19 ٢٥	17 ٢٣	14 ٢٢	18 ٢٧	16 ٢٦	13 ٢٤	11 ٢٢	15 ٢٨	12 ٢٦	12 ٢٤	9 ٢٣
السبت	23 ٢٧	20 ٢٦	18 ٢٤	15 ٢٣	19 ٢٨	17 ٢٧	14 ٢٥	12 ٢٣	16 ٢٩	13 ٢٧	13 ٢٥	10 ٢٤
الأحد	24 ٢٨	21 ٢٧	19 ٢٥	16 ٢٤	20 ٢٩	18 ٢٨	15 ٢٦	13 ٢٤	17 ٣٠	14 ٢٨	14 ٢٦	11 ٢٥
الاثنين	25 ٢٩	22 ٢٨	20 ٢٦	17 ٢٥		19 ٢٩	16 ٢٧	14 ٢٥		15 ٢٩	15 ٢٧	12 ٢٦
الثلاثاء		23 ٢٩	21 ٢٧	18 ٢٦		20 ٣٠	17 ٢٨	15 ٢٦		16 ٣٠	16 ٢٨	13 ٢٧
الأربعاء		24 ٣٠	22 ٢٨	19 ٢٧			18 ٢٩	16 ٢٧			17 ٢٩	14 ٢٨
الخميس			23 ٢٩	20 ٢٨			19 ٣٠	17 ٢٨				15 ٢٩
الجمعة				21 ٢٩				18 ٢٩				16 ٣٠
السبت				22 ٣٠								

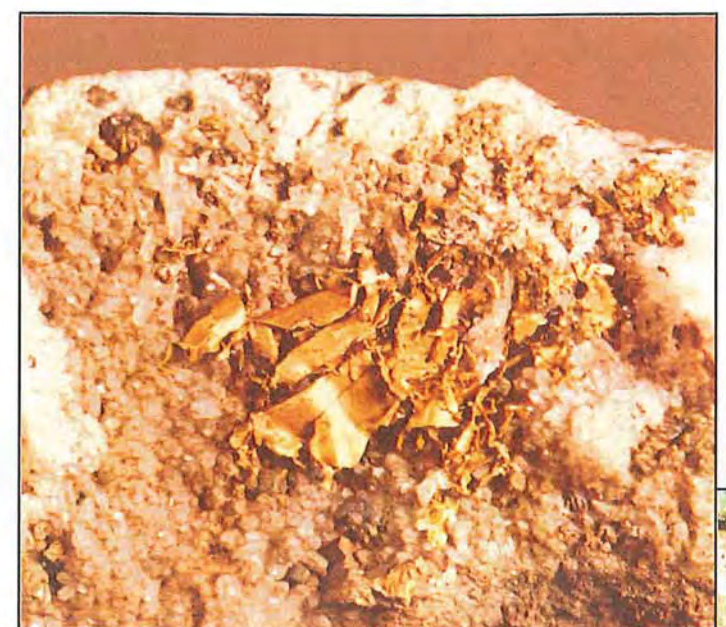
١٤٢٠هـ	محرم	صفر	ربيع الأول	ربيع الثاني	جمادى الأولى	جمادى الآخرة	رجب	شعبان	رمضان	شوال	ذو القعدة	ذو الحجة
١٩٩٩م ٢٠٠٠م الأيام	ابريل مايو ١٩٩٩م	مايو يونية	يونية يولية	يولية اغسطس	اغسطس سبتمبر	سبتمبر اكتوبر	اكتوبر نوفمبر	نوفمبر ديسمبر	ديسمبر ١٩٩٩م يناير ٢٠٠٠م	يناير فبراير	فبراير مارس	مارس ابريل
السبت	17 ١											
الأحد	18 ٢	16 ١					10 ١				6 ١	
الاثنين	19 ٣	17 ٢	14 ١				11 ٢				7 ٢	
الثلاثاء	20 ٤	18 ٣	15 ٢				12 ٣	9 ١			8 ٣	7 ١
الأربعاء	21 ٥	19 ٤	16 ٣	14 ١			13 ٤	10 ٢	8 ١		9 ٤	8 ٢
الخميس	22 ٦	20 ٥	17 ٤	15 ٢	12 ١		14 ٥	11 ٣	9 ٢		10 ٥	9 ٣
الجمعة	23 ٧	21 ٦	18 ٥	16 ٣	13 ٢	10 ١	15 ٦	12 ٤	10 ٣	7 ١	11 ٦	10 ٤
السبت	24 ٨	22 ٧	19 ٦	17 ٤	14 ٣	11 ٢	16 ٧	13 ٥	11 ٤	8 ٢	12 ٧	11 ٥
الأحد	25 ٩	23 ٨	20 ٧	18 ٥	15 ٤	12 ٣	17 ٨	14 ٦	12 ٥	9 ٣	13 ٨	12 ٦
الاثنين	26 ١٠	24 ٩	21 ٨	19 ٦	16 ٥	13 ٤	18 ٩	15 ٧	13 ٦	10 ٤	14 ٩	13 ٧
الثلاثاء	27 ١١	25 ١٠	22 ٩	20 ٧	17 ٦	14 ٥	19 ١٠	16 ٨	14 ٧	11 ٥	15 ١٠	14 ٨
الأربعاء	28 ١٢	26 ١١	23 ١٠	21 ٨	18 ٧	15 ٦	20 ١١	17 ٩	15 ٨	12 ٦	16 ١١	15 ٩
الخميس	29 ١٣	27 ١٢	24 ١١	22 ٩	19 ٨	16 ٧	21 ١٢	18 ١٠	16 ٩	13 ٧	17 ١٢	16 ١٠
الجمعة	30 ١٤	28 ١٣	25 ١٢	23 ١٠	20 ٩	17 ٨	22 ١٣	19 ١١	17 ١٠	14 ٨	18 ١٣	17 ١١
السبت	1 ١٥	29 ١٤	26 ١٣	24 ١١	21 ١٠	18 ٩	23 ١٤	20 ١٢	18 ١١	15 ٩	19 ١٤	18 ١٢
الأحد	2 ١٦	30 ١٥	27 ١٤	25 ١٢	22 ١١	19 ١٠	24 ١٥	21 ١٣	19 ١٢	16 ١٠	20 ١٥	19 ١٣
الاثنين	3 ١٧	31 ١٦	28 ١٥	26 ١٣	23 ١٢	20 ١١	25 ١٦	22 ١٤	20 ١٣	17 ١١	21 ١٦	20 ١٤
الثلاثاء	4 ١٨	1 ١٧	29 ١٦	27 ١٤	24 ١٣	21 ١٢	26 ١٧	23 ١٥	21 ١٤	18 ١٢	22 ١٧	21 ١٥
الأربعاء	5 ١٩	2 ١٨	30 ١٧	28 ١٥	25 ١٤	22 ١٣	27 ١٨	24 ١٦	22 ١٥	19 ١٣	23 ١٨	22 ١٦
الخميس	6 ٢٠	3 ١٩	1 ١٨	29 ١٦	26 ١٥	23 ١٤	28 ١٩	25 ١٧	23 ١٦	20 ١٤	24 ١٩	23 ١٧
الجمعة	7 ٢١	4 ٢٠	2 ١٩	30 ١٧	27 ١٦	24 ١٥	29 ٢٠	26 ١٨	24 ١٧	21 ١٥	25 ٢٠	24 ١٨
السبت	8 ٢٢	5 ٢١	3 ٢٠	31 ١٨	28 ١٧	25 ١٦	30 ٢١	27 ١٩	25 ١٨	22 ١٦	26 ٢١	25 ١٩
الأحد	9 ٢٣	6 ٢٢	4 ٢١	1 ١٩	29 ١٨	26 ١٧	31 ٢٢	28 ٢٠	26 ١٩	23 ١٧	27 ٢٢	26 ٢٠
الاثنين	10 ٢٤	7 ٢٣	5 ٢٢	2 ٢٠	30 ١٩	27 ١٨	1 ٢٣	29 ٢١	27 ٢٠	24 ١٨	28 ٢٣	27 ٢١
الثلاثاء	11 ٢٥	8 ٢٤	6 ٢٣	3 ٢١	31 ٢٠	28 ١٩	2 ٢٤	30 ٢٢	28 ٢١	25 ١٩	29 ٢٤	28 ٢٢
الأربعاء	12 ٢٦	9 ٢٥	7 ٢٤	4 ٢٢	1 ٢١	29 ٢٠	3 ٢٥	1 ٢٣	29 ٢٢	26 ٢٠	1 ٢٥	29 ٢٣
الخميس	13 ٢٧	10 ٢٦	8 ٢٥	5 ٢٣	2 ٢٢	30 ٢١	4 ٢٦	2 ٢٤	30 ٢٣	27 ٢١	2 ٢٦	30 ٢٤
الجمعة	14 ٢٨	11 ٢٧	9 ٢٦	6 ٢٤	3 ٢٣	1 ٢٢	5 ٢٧	3 ٢٥	31 ٢٤	28 ٢٢	3 ٢٧	31 ٢٥
السبت	15 ٢٩	12 ٢٨	10 ٢٧	7 ٢٥	4 ٢٤	2 ٢٣	6 ٢٨	4 ٢٦	1 ٢٥	29 ٢٣	4 ٢٨	1 ٢٦
الأحد		13 ٢٩	11 ٢٨	8 ٢٦	5 ٢٥	3 ٢٤	7 ٢٩	5 ٢٧	2 ٢٦	30 ٢٤	5 ٢٩	2 ٢٧
الاثنين			12 ٢٩	9 ٢٧	6 ٢٦	4 ٢٥	8 ٣٠	6 ٢٨	3 ٢٧	31 ٢٥	6 ٣٠	3 ٢٨
الثلاثاء			13 ٣٠	10 ٢٨	7 ٢٧	5 ٢٦		7 ٢٩	4 ٢٨	1 ٢٦		4 ٢٩
الأربعاء				11 ٢٩	8 ٢٨	6 ٢٧			5 ٢٩	2 ٢٧		
الخميس					9 ٢٩	7 ٢٨			6 ٣٠	3 ٢٨		
الجمعة						8 ٢٩				4 ٢٩		
السبت						9 ٣٠				5 ٣٠		

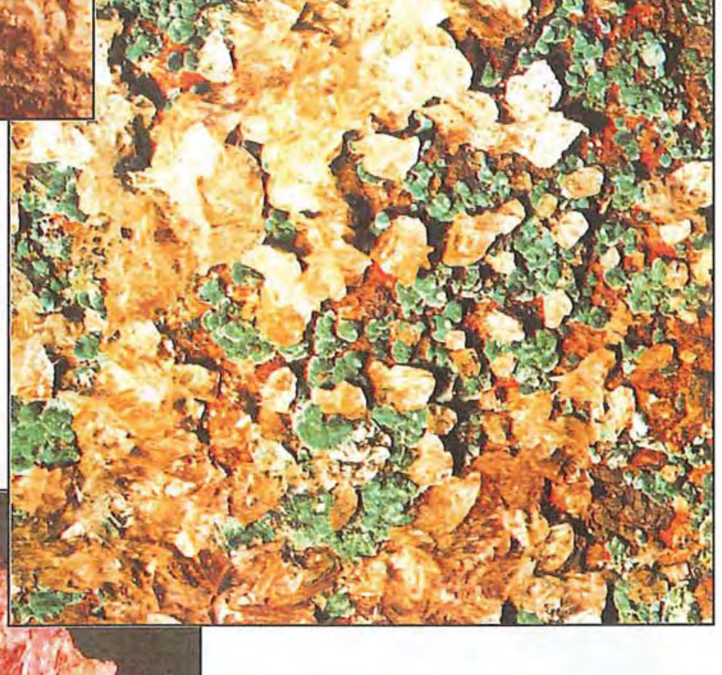

كل عام وأنتم بخير

في
العدد المقبل

الثروة المعدنية

(الجزء الثاني)

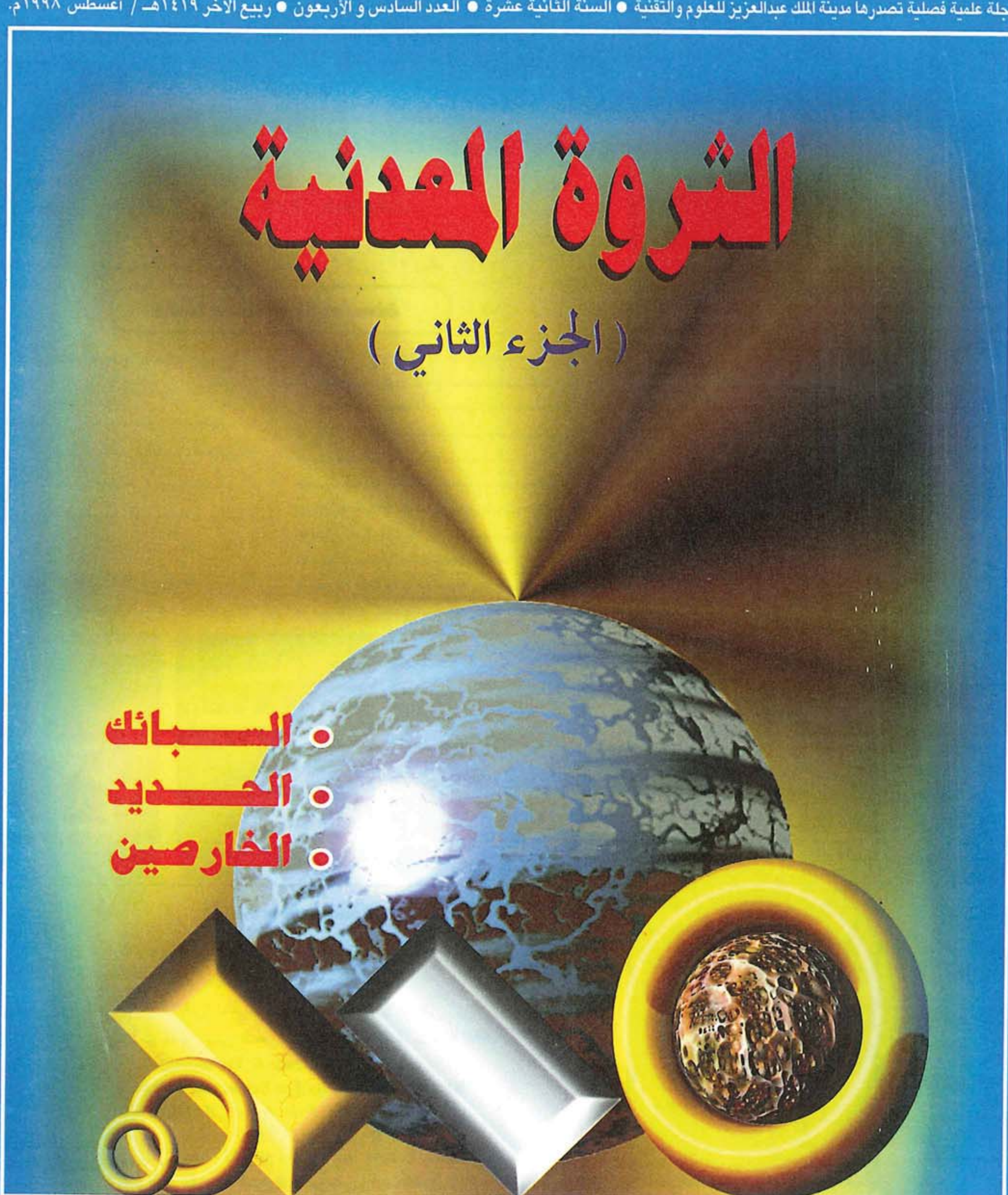





الاستكشاف الجيوكيميائي للمعادن

العلوم والتقنية

مجلة علمية فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية • السنة الثانية عشرة • العدد السادس و الأربعون • ربيع الآخر ١٤١٩هـ / أغسطس ١٩٩٨م.



ISSN 1017 3056

بسم الله الرحمن الرحيم

منهـــاج النشــــر

أعزاءنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تـفتح أبوابها لمساهماتكم العلمـية واستقبـال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :ـ

١ـ يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لايفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .

٢ـ أن يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .

٣ـ في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتـباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال .

٤ـ أن لايقل المقال عن أربع صفحات ولايزيد عن سبع صفحات طباعة .

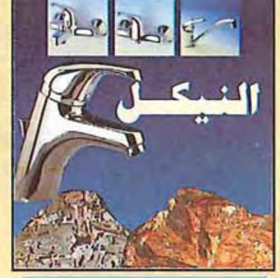
٥ـ إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .

٦ـ إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .

٧ـ المقالات التي لاتقبل النشر لاتعاد لكاتبها .

يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح مابين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

محتويـــات العـــدد

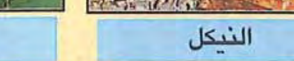


النحاس



النيكل





التيتانيوم

المراســـلات

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر

ص.ب ٦٠٨٦ ـ الرمز البريدي ١١٤٤٢ ـ الرياض

ترسل المقالات باسم رئيس التحرير ت : ٤٨٨٣٤٤٤ ـ ٤٨٨٣٥٥٥

journal of Science & Technology

King Abdulaziz City For Science & Technology

Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086

Riyadh 11442 Saudi Arabia







كلمة التحرير

قراءنا الأعزاء

يتوالى صدور مجلة "العلوم والتقنية" وتزداد بفضل الله انتشاراً في أقطار العالم العربي وبين الجاليات العربية في دول العالم الأخرى، وهذا مما يثلج صدورنا ويدفعنا إلى بذل المزيد من الجهد والعطاء لتحقيق الأهداف السامية التي نصبو إليها، والتي منها: إرضاء القارىء العربي العزيز في أي مكان على هذا الكوكب، وتوفير المادة العلمية له بلغة القرآن الكريم، والمساهمة بجهد المقل في إثراء المكتبة العربية.

قراءنا الأعزاء

إستكمالا لموضوعنا الذي بدأناه في العدد السابق «الثروة المعدنية» والذي لانشك في أن القاريء مهما كانت درجة ثقافته واطلاعه يشاطرنا الرأي في أهميتها، وأنه لايمكن تغطيتها في عدد واحد، وذلك لسعة انتشارها، وتعدد أنواعها ومكوناتها، وتنوع الصناعات التي تقوم عليها، وارتباطها الوثيق بحياته اليومية، فمهما كان الفرد متطوراً في حياته أو متخلفا فيها فلا بد أن يكون للثروة المعدنية والفلزات المستخلصة منها دور هام فيها، ومن هذا المنطلق فقد خصصنا هذا العدد لتغطية بعض الفلزات وكيفية الحصول عليها من خاماتها المعدنية والاستفادة منها في المجالات الحياتية المختلفة، وسيكون هناك ـ بإذن الله ـ عدد ثالث في المستقبل القريب، ليتم استكمال هذه السلسلة وإعطاء الموضوع حقه.

قراءنا الأعزاء

يصدر هذا العدد حاملا بين دفتيه المواضيع التالية: السبائك، والألمنيوم، والنيكل، والحديد، والخارصين، والنحاس، والفلزات النفيسة، والتيتانيوم، إضافة إلى الأبواب الثابتة التي لاغنى للقاريء عنها، لما تحويه من خبر علمي قصير، أو بحث علمي يحمل نتائج مفيدة، أو عرض لكتاب يعطي فكرة عامة عنه وعن محتوياته ورأياً محددا عن الكتاب لمن قام باستعراضه، أو بعض الكتب التي صدرت حديثا وماتحويه من مواضيع، وغيرها من الأبواب الثابتة التي لانشك في أنها تهم القارىء.

والله من وراء القصد والهادي إلى سواء السبيل ،،،

الشركة السعودية للحديد والصلب (حديد)



في صباح اليوم الثاني والعشرين من شهر ربيع الثاني عام ١٣٩٩هـ الموافق العشرين من مارس ١٩٧٩م تم توقيع عقد تأسيس الشركة السعودية للحديد والصلب (حديد) كشركة تضامن بين كل من الشركة السعودية للصناعات الأساسية سابك، وشركة كورف شتال (آى جي) الألمانية، والمؤسسة الألمانية للتنمية (دي ئي جي) ثم أصبحت بعد ذلك إحدى الشركات المملوكة بالكامل للشركة السعودية للصناعات الأساسية (سابك).

تعد شركة حديد أول مجمع متكامل للحديد والصلب في المملكة العربية السعودية، وسجلت حديد كشركة سعودية وطنية برقم ٣٣٢ في الرابع عشر من رجب عام ١٣٩٩هـ الموافق التاسع من يونيه عام ١٩٧٩م، ويقع مقر الشركة في موقع المصنع بمدينة الجبيل الصناعية حيث تم شغل مباني الإدارة الدائم في أبريل عام ١٩٨٢م.

بدأت حديد الإنتاج مع بداية عام ١٩٨٣م بطاقة تصميمية بلغت ٨٠٠,٠٠٠ طن سنوياً، ومع استكمال مشاريع التوسعة إرتفع إنتاجها السنوي ليصل إلى أكثر من ٢,٨ مليون طن من المنتجات النهائية، وقد حازت حديد في ديسمبر ١٩٩٤م على شهادة الجودة العالمية "الأيسو٩٠٠٢".

وحدات الإنتاج

تتكون وحدات الإنتاج في شركة حديد من ثلاثة أنواع من المصانع هي:

● **مصنع الاختزال المباشر**

يقوم مصنع الاختزال المباشر بتحويل خام الحديد إلى حديد إسفنجي، وقد بدأ تشغيله في ١٥ ديسمبر ١٩٨٢م، بطاقة إنتاجية قدرها ١٠,٦٠٠ طن شهرياً من الحديد الاسفنجي الجيد.

يتألف مصنع الاختزال المباشر من خمس وحدات مقسمة إلى وحدتين للاختزال المباشر من طراز ميدريكس، ووحدة لتنقية الغاز من الكبريت، ووحدتين لكبس الرواسب بطاقة سنوية إجمالية تزيد على مليوني طن من الحديد الإسفنجي سنوياً. ويتبع لمصنع الاختزال المباشر مرافق لمناولة خام الحديد تشمل رافعتين لتفريغ السفن، وسيراً ناقلاً بطول ١٣,٦ كيلو متر، يقوم بنقل خام الحديد إلى ساحة التخزين في المجمع.

● **مصنع الصلب**

يقوم مصنع الصلب بتحويل الحديد الإسفنجي والخردة الحديدية إلى كتل صلب، وقد بدأ إنتاجه في ١٨ ديسمبر ١٩٨٢م عندما صب أول مائة طن من الحديد المصهور، وقد بلغ مجموع ما أنتجه هذا المصنع خلال الأيام المتبقية من العام نفسه ١١٧٠ طن من كتل الصلب الجيد.

ويشتمل مصنع الصلب ـ إضافة إلى إنتاج الأكسجين ـ على ثلاثة أفران قوسية كهربائية سعة ١٢٠ طن، ومحول قدرته ٧٠ ميجا فولت أمبير لكل منها، وعربات لنقل البواتق، وفرنين بوتقيين، وثلاث آلات للصب المستمر، كل منها بست قنوات تقوم بتحويل الصلب المصهور إلى كتل صلب بطاقة سنوية تصل إلى ٢,٨ مليون طن.

● **مصانع الدرفلة**

بدأ إنتاج مصانع الدرفلة في الخامس من يناير عام ١٩٨٣م بوحدة درفلة الأسلاك، ثم وحدة درفلة القضبان في اليوم العاشر من الشهر نفسه.

تتكون مصانع الدرفلة من أربعة مصانع ثلاثة منها في الجبيل والرابع في جدة، تقوم بتحويل كتل الصلب إلى منتجات نهائية بطاقة سنوية إجمالية تزيد عن ٢,٨ مليون طن حيث ينتج مصنع درفلة القضبان نوعين من حديد التسليح (مجدولة وملساء) بمقاسات من ١٢ ـ ٤٠ ملم وبطاقة سنوية تصل ١,٢ مليون طن وفقاً لأرقى المواصفات العالمية لمقاومة الخضوع العالية، والمتوسطة، والمنخفضة، وتمتاز بعدة مواصفات قياسية يوضحها الجدول (١).

ويقوم مصنع درفلة الأسلاك بتحويل كتل الصلب إلى لفات أسلاك ولفات

الصنف	المقاس الأسمي (ملم)	مقاومة الخضوع نيوتن/ملم٢	مقاومة الشد نيوتن/ملم٢	المواصفات المعادلة
قضبان فولاذ طري	٦-١٢	٢٥٠ حد أدنى ٢٣٥ حد أدنى	٢٧٥ حد أدنى ٣٨٠ حد أدنى / ٥٢٠ حد أعلى	المواصفة البريطانية ٤٤٤٩ درجة ٢٥٠ (١٩٨٨م). المواصفة اليابانية ج ٣١١٢س.ر ٢٣٥.
قضبان فولاذ متوسط الخضوع	٦-١٨	٢٧٦ حد أدنى ٣٤٥ حد أدنى / ٤٤٠ حد أعلى	٤٨٣ حد أدنى ٤٩٠ حد أدنى	المواصفة الأمريكية أ٦١٥ درجة ٤٠. المواصفة اليابانية ج٣١١٢ س.د٣٤٥.
قضبان فولاذ عالي الخضوع	٦-٤٠	٤١٤ حد أدنى ٣٩٠ حد أدنى / ٥١٠ حد أعلى ٤٦٠ حد أدنى	٦٢١ حد أدنى ٥٦٠ حد أدنى ٥٠٦ حد أدنى	المواصفة الأمريكية أ٦١٥درجة ٦٠ المواصفة اليابانية ج٣١١٢س.د٣٩٠. المواصفة البريطانية ٤٤٤٩درجة ٤٦٠(١٩٨٨م).

● جدول (١) أصناف ومواصفات قضبان التسليح.

قضبان تسليح بطاقة سنوية تزيد عن ٧٠٠,٠٠٠ طن وبمقاسات من ٥,٥ ـ ١٤ملم بمواصفات عالمية، جدول (٢). أما مصنع المقاطع والقضبان فيقوم بدرفلة قضبان التسليح بمقاسات من ١٠ ـ ٣٢ ملم والمقاطع الخفيفة كالقنوات والزوايا المتساوية والقضبان المربعة والمسطحة بطاقة سنوية تزيد عن ٦٠٠,٠٠٠ طن، إضافة إلى مصنع الدرفلة في جدة والذي ينتج قضبان التسليح بمقاسات من ١٢ إلى ٣٢ ملم وبطاقة سنوية تزيد عن ٢٥٠ ألف طن.

وفي عام ١٩٨٨م أدخلت حديد إلى مصنع درفلة القضبان بالجبيل تقنية حديثة وهي تقنية التبريد السريع (Bar Quenching) أثناء درفلة القضبان. إذ يتم تبريد سطح القضيب باستخدام الماء المضغوط أثناء الدرفلة على الساخن يتبعه تطبيع ذاتي، وذلك عند خروج القضيب من آخر مرحلة للدرفلة. وهذا يُحدث تغييرات في البنية المجهرية للصلب فيزيد من صلابته وقوته، وبالتالي فإن الحرارة المحتجزة داخل القضيب تتجه إلى الخارج فترفع درجة حرارة السطح الخارجي إلى ٦٢٠ْم، مما يُحدث تغييراً آخر للسطح الخارجي للقضيب يؤدي إلى زيادة صلابته وقوته ويصبح قابلاً للطرق والسحب.

الصنف	المقاس الإسمي	المواصفـــات
ملساء	٥,٥ـ١٤ملم	المعهد الإمريكي للحديد والصلب رقم ١٠٠٦ إلى ١٠٣٠(مقاومة الشد الخاصة بتصنيع الشبك من ٣٦٠ - ٤٥٠ نيوتن / ملم٢، ومن ٤٤٠ - ٥٠٠ نيوتن / ملم٢). المواصفات الأمريكية أ٦١٥ درجة ٤٠، والمواصفة البريطانية ٤٤٤٩ درجة ٢٥٠ (١٩٨٨). المواصفة اليابانية ج ٣١١٢، المواصفة الألمانية ١٧١٠٠ ر.س.ت ٣٧ـ٢.
مجدولة	٦-١٤ ملم	المواصفة الأمريكية أ٦١٥ درجة ٤٠ و٦٠، المواصفة البريطانية ٤٤٤٩ درجة ٤٦٠ (١٩٨٨)، والمواصفات اليابانية ج ٣١١٢ س.د ٣٩٠.

● جدول(٢) أصناف ومواصفات الأسلاك واللفات

المختبـــرات

جُهزت حديد بأحدث المختبرات الكيميائية والفيزيائية التي تقوم بمعاينة وفحص المواد الخام وبإجراء البحوث المختلفة على المنتجات النهائية لضمان إستمرار جودة المنتج وفق مواصفات الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس، ولذلك أنشأت حديد "إدارة المواد الخام والفحوصات النوعية" لتتولى تشغيل مختبرات الشركة والتي تضم:

● **مختبرات الكيمياء**

تحتوي مختبرات الكيمياء بشركة حديد على أحدث الأجهزة المستعملة في اختبارات صناعة الحديد والصلب لضمان جودة المنتجات، ومن تلك الأجهزة جهاز سيكتو غراف الذي يمكن بوساطته تحليل مادة الصلب أثناء عملية الصهر في مدة لاتتعدى بضع دقائق.

● **مختبر الخواص الميكانيكية**

يتم في مختبر الخواص الميكانيكية معاينة وفحص المنتجات النهائية، وتقوم إدارة المواد الخام والفحوصات النوعية بالبحوث المختلفة الخاصة باعداد الخام، ومنها خامات الحديد والخردة والحجر الجيري والجير الحي للتأكد من ملائمة هذه المواد للطرق المستخدمة في مجمع حديد من الناحية الفنية والإقتصادية، كما تجري بحوث خاصة بشأن المشاكل الفنية التي قد تعود إلى المواد الخام لإيجاد الحلول المناسبة لها، بالإضافة إلى تقديم العون للمستهلكين، ودراسة مشاكل المنتجات المباعة، وكيفية التغلب عليها آنياً وفي المستقبل.

الأقســـام الإداريـــة

تشمل شركة حديد ـ إضافة إلى المصانع الثلاثة ـ التجهيزات الضرورية المساعدة والخاصة بالتشغيل والتخزين والصيانة والإدارات إضافة إلى تدعيمها بالحاسبات الآلية لتوفير الايدي العاملة ولرفع القدرة والجودة النوعية للإنتاج.



● وحدة تكديس خام الحديد.

تنميـــة القـوى العاملـــة

تركزت سياسة حديد طوال مرحلة الإنشاء على تكثيف الجهد والتوظيف وتدريب السعوديين، وإستخدام ذوي الخبرة فقط من غير السعوديين، كما قامت بإبتعاث ٧٢متدرباً من الشباب السعودي من حملة الشهادات الثانوية والمهنية لتدريبهم في الخارج إضافة إلى ٣٤سعودياً من خريجي المدارس الثانوية المهنية لتدريبهم على رأس العمل.

أما التدريب الداخلي فقد أنشأت حديد مركز التدريب التابع لها في اغسطس ١٩٨٢م وبدأ بتدريب ٦٥ خريجاً من المدارس الثانوية والمتوسطة كانوا بمثابة النواة الأولى لمركز التدريب بالشركة.

التســويـــق

إن أحد أهداف إنشاء حديد في الأساس هو تغطية حاجة السوق المحلي من منتجاتها. وإدراكاً من الشركة المالكة (سابك) لحاجة السوق للمزيد من منتجات حديد والتواجد في أسواق التصدير، فقد نفذت العديد من التحسينات والتوسعات، مما أدى لوصول الطاقة الإنتاجية لأكثر من ٢,٨ مليون طن، وبالتالي مكنت حديد من الوصول إلى أكثر من ٢٣ دولة شملت الدول الخليجية والعربية والعالمية حالياً.

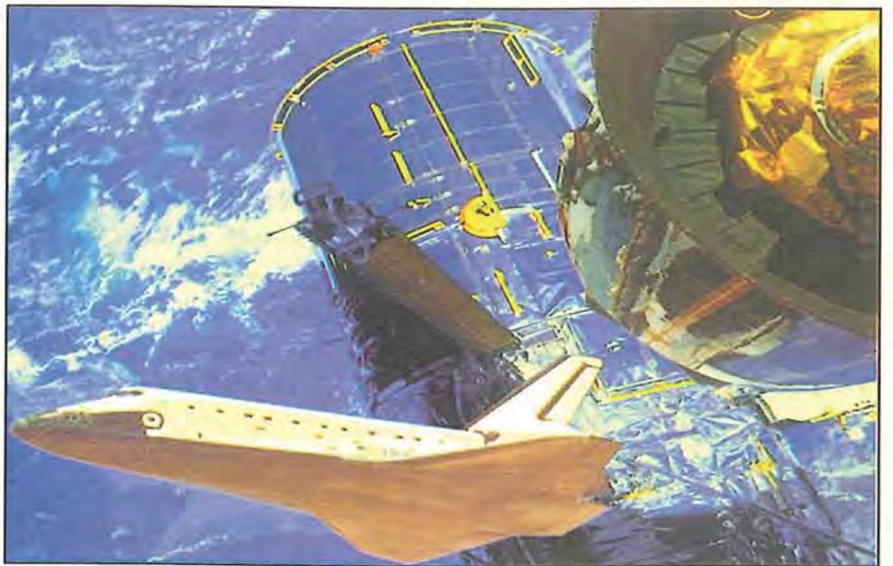
وقد عرفت حديد في الأسواق بمنتجاتها ذات الجودة العالية والتزامها بالوفاء بمتطلبات الزبائن.

السبائك

د. محمد عز الدهشان

السبيكة هي مزيج أو مخلوط من عنصرين أو أكثر شرط أن يكون أحدهما على الأقل فلزا ، وتحضر السبائك بصهر عناصرها بالنسب الوزنية المطلوبة في فرن بمعزل عن الهواء لتجنب أكسدة أي من مكوناتها ، ثم يصب نا تج الصهر في قالب ويترك يتجمد ، ويعرف النا تج باسم المحلول الجامد (*Solid solution*) ، وهو إسم مرادف للسبيكة نظراً لأن تحضير السبيكة قد تم بصهر مكوناتها معاً لتكون المحلول ، ولكنها تصب بعد ذلك وتترك لتتجمد حيث تستخدم كافة السبائك ، مثلها مثل العناصر الفلزية في صورة جامدة ، ويجب ألا يحدث أي تفاعل كيميائي بين مكونات السبيكة أثناء عملية الصهر أو التجمد ، وإلا كان النا تج مركب كيميائي وليس سبيكة حيث أن السبيكة هي خليط وليست إتحاداً كيميائياً .

ويطلق على الفلز الأساسي في السبيكة- الفلز الأعلى تركيزاً (أو وزنا) - بفلز القاعدة (Base Metal) ، أو الفلز الأساسي (Parent Metal) وتأخذ السبيكة إسم ذلك الفلز ، ويعرف أيضاً بأنه الفلز المذيب (Solvent Metal) ويعرف العنصر (أو العناصر) السبائكية (Alloying Elements) ، وأيضاً تعرف باسم عناصر التسبيك (Alloying Agents) ، وللحصول على السبائك فلابد أن تكون مكوناتها قابلة للإذابة بعضها في بعض في حالتها المنصهرة والجامدة .



تاريخ السبائك

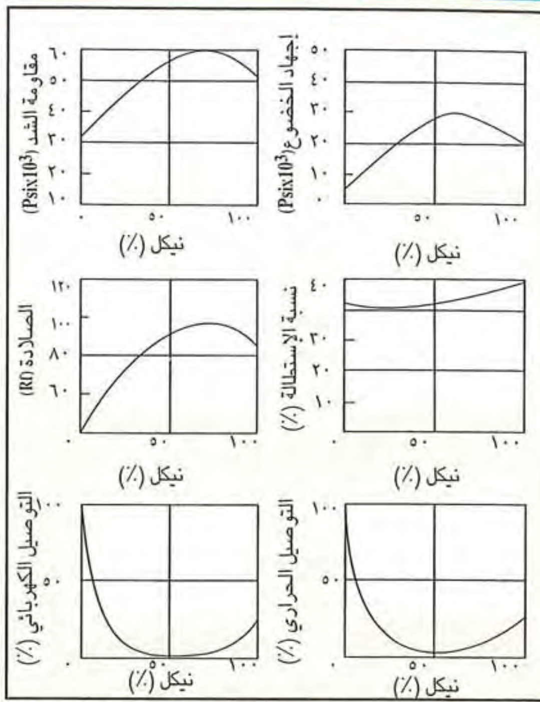
يعد البرونز أول سبيكة عرفها الانسان، وقد أطلق ذلك الإسم على أحد الحقب الزمنية في تاريخ الإنسان ، وهي الحقبة التي تلت العصر الحجري ، والتي نشأت عندما تعرف الإنسان - وبالصدفة المطلقة - على جسم فلز يختلف عن بقية الأجسام الأخرى المحيطة به ، وليست هناك أية معلومات قطعية عن كيفية الحصول على هذه السبيكة ، وهي مكونة كما عرف بعد ذلك من النحاس كفلز أساسي والقصدير كعنصر سبائكي ، وعن تاريخ بداية هذه السبيكة أو مكان بداية تكوينها ، فهناك إعتقاد قوي أن ذلك بدأ في مصر القديمة وتعود إلى حوالي ٣٥٠٠ سنة قبل الميلاد ، وربما ساعد في تكوين البرونز في مصر وجود خامات عنصر النحاس والقصدير ، ممثلين بالكالكوبيربت - كبريت النحاس (Cu_2S) - والكاستريت - أكسيد القصدير (SnO_2) - متلازمين معاً في مواقع كثيرة في غرب الصحراء الشرقية بمصر والتي جابها المصريون القدماء طولاً وعرضاً بحثا عن الذهب ، والنحاس ، ويحتمل أن معدن الكاستريت الذي جمع مع النحاس والذهب قد زج به في النار للتجربة ، أو بالصدفة ، مع النحاس ، ومن ثم كان النا تج هو البرونز ، ومما ساعد على استخلاص العنصرين من خاماتهما وإذابتهما معاً لتكوين خليط من الفلزين يعرف بالأصهري ، وهو ذو درجة حرارة إنصهار منخفضه .

ولقد وجد القدماء - بصرف النظر عن موقع إكتشافها - أن المادة الناتجة أعلى مقاومة وأفضل متانة ، ولهذا اتجهوا إليها بعد محاولتهم التعرف على خواصها ، وتوسعوا في إستخدامها ، واستغنوا عن الحجارة ، وهكذا بدأ العصر البرونزي ، وبعد التوسع في صناعة البرونز تطلع الإنسان إلى مادة جديدة أفضل خواصاً وترضي تطلعاته المتنامية ، فكان الإتجاه إلى الحديد وسبائكه وخاصة أن أول حديد عرفه الإنسان كان في صورة سبيكة من الحديد والنيكل ، تتراوح نسبة النيكل فيه مابين ٨٪ الى ٢٠٪ .

ويحلو لبعض علماء المواد أن يطلق على العصر الذي نعيشة (عصر السبائك)، وكان أول من أطلق ذلك الاسم العالم البريطاني **وليم هال** في عام ١٩٣٣م عندما قال " إننا نعيش في عصر السبائك " ، وأطلق على هذه الحقبة اسم " عصر مجال "Magal Age" إختصاراً لـ (Magensium Aluminium) ، ويمكن فهم ذلك على أساس الزيادة الكبيرة للغاية في إستخدام سبائك فلزي المغنيسيوم والألمنيوم ، ويندر في الوقت الحاضر إستخدام أي من المواد الفلزية في صورة فلز منفرد ، فيما عدا في التطبيقات الكهربائية والحرارية التي تستخدم إما فلز النحاس النقي أو بدرجة أقل فلز الألمنيوم ، ويرجع التوسع الكبير في إستخدام السبائك إلى ماتتمتع به من خواص تفوق بدرجة كبيرة خواص أي من عناصر السبيكة .

خواص السبائك

إن الهدف من إنتاج السبائك هو رفع المقاومة الميكانيكية للمادة الفلزية ، وأيضاً تحسين مقاومتها للتآكل ، وفي بعض الحالات الحصول على خواص بعينها ،



● شكل (١) تأثير إضافة النيكل إلى النحاس على الخواص الميكانيكية والفيزيائية.

ويمكن تفصيل ذلك فيما يلي :

● رفع المقاومة الميكانيكية

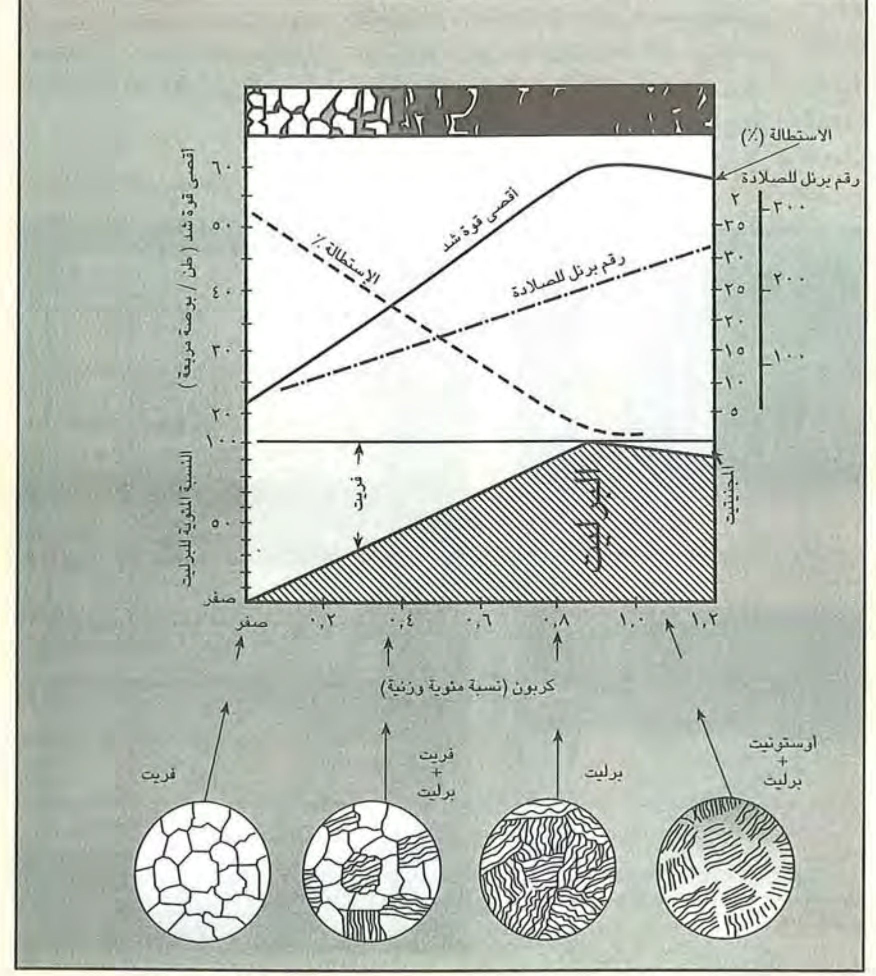
يوضع الشكل رقم (١) ، تأثير إضافة العنصر السبائكي إلى العنصر الأساسي لسبيكة النحاس ـ نيكل ، ويظهر من الشكلين الزيادة الكبيرة في زيادة كل من مقاومة الشد ، وإجهاد الخضوع والصلادة، ويعد ذلك من الأمور المهمة للغاية للفلز نظراً لأن أول ماينظر إليه أي مهندس في إختيار المادة هو مقاومتها للقوى الخارجة المؤثرة عليها ، ولكن يلاحظ من الشكل أن تحسن بعض الخواص يصاحبها من جهة أخرى تدني عدد من الخواص الأخرى ، حيث يظهر الإنخفاض الحاد في التوصيل الحراري والكهربائي لسبائك النحاس ـ نيكل ، وأيضا تدني المطيلية (المقدرة بالنسبة المئوية للاستطالة ، وتعطى دلالة على قابلية المادة للتشكيل) ، ولهذا يراعى عند اختيار مادة لتطبيق معين المواءمة بين الصفات المختلفة ، شكل (٢) ، إضافة لذلك ، فإن تكوين السبائك يسمح بإجراء المعالجة الحرارية عليها ، في حين لايمكن إجراء ذلك على العناصر الفلزية ، وهكذا يمكن رفع مقاومة السبيكة مرات عدة بعد معالجة حرارية ، فعلى سبيل المثال فإن رقم **فيكرز** لصلادة الفولاذ منخفض الكربون (حديد – ٠,٣٪ كربون) هي ١٠ ، وبعد معالجة حرارية يصل رقم **فيكرز** لصلادته إلى ٩٠٠ ، في حين أن رقم **فيكرز** لفلز الحديد النقي هو ٦٥ .

● تحسين مقاومة التآكل

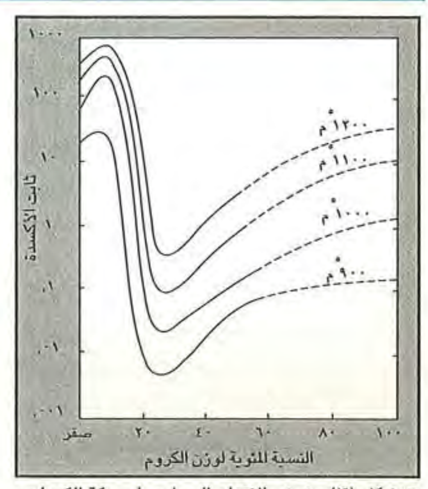
يعد التآكل من المشكلات الخطيرة التي تتعرض لها العديد من العناصر الفلزية ، ويعد تكوين السبائك من هذه العناصر بإضافة عناصر سبائكية اليها من الأساليب الناجحة في مقاومة التآكل ، ومن أفضل العناصر السبائكية الفعالة في مقاومة التآكل الكهروكيميائي (عند درجات الحرارة المنخفضة) أو الكيميائي (عند درجة الحرارة العالية) كل من عنصري الكروم أو الألمنيوم ، ويوضح الشكل (٣) تأثير عنصر الكروم على معدل أكسدة سبائك الكوبلت ويظهر من الشكل (٤) تأثير مماثل لإضافة عنصر الألمنيوم لسبائك الحديد على معدل الكبرتة في خليط من غازي كبريتيد الهيدروجين وهيدروجين عند درجات حرارة مختلفة ، كما يوضح الشكل (٥) صورة فوتغرافية تقارن بين سمك طبقة الأكسيد المتكونة علي سطح الحديد ـ ٥٪ كروم ، وسبيكة الحديد ـ ٢٥٪ كروم بعد أكسدتها لمدة ١٤٤ ساعة عند درجة حرارة ١٠٥٠ مْ ، ويظهر من الشكل بوضوح أهمية إضافة العنصر السبائكي بنسبة محددة للحصول على سبائك عالية المقاومة للتآكل .

● بعض الخواص الخاصة

تضاف بعض العناصر السبائكية إلى السبيكة بهدف تحقيق خواص معينة مثل رفع الخواص المغناطيسية وتحسينها ، ومن أمثلة ذلك إضافة الكوبلت إلى سبائك



● شكل (٢) تأثير نسبة الكربون على التركيب البنائي للفولاذ وخواصه



● شكل (٣) منحنى الإتزان الحراري لسبيكة الكوبلت - كروم المؤكسدة في الهواء عند درجات حرارة مختلفة.

الحديد، أو الحصول على الصلادة الحمراء (صلادة عند درجة الحرارة العالية) في فولاذ العدد ، ويتحقق ذلك باضافة عنصري الفانيديوم والتنجستن إلى هذه السبائك .

أنواع السبائك

تقسم السبائك إلى مجموعات مختلفة إعتماداً على عدة عوامل أهمها مايلي :

● التركيب البنائي

تقسم السبائك في هذه الحالة إلي سبائك وحيدة الوجه ، وسبائك ثنائية الوجه .. الخ ويوضح الشكل (٦) التركيب البنائي الداخلي لسبيكة وحيدة الوجه والأخرى ثنائية الوجه ، وفي الأولى يكون التركيب البنائي متجانس في كامل المقطع ، بينما يوجد تركيبان مختلفان في السبائك ثنائية الوجه .

● الفلز الأساسي

تقسم السبائك طبقاً للفلز الأساسي في السبائك الفلزية (الفلز الأب) وتعرف السبيكة باسم هذا الفلز ، على سبيل المثال ، سبائك الألمنيوم ، وسبائك النحاس ..الخ .

● طريقة التشكيل

يلعب التشكيل دوراً مهماً في إستخداماتها بعد التشكيل ، وتقسم سبائك العنصر نفسة إلى سبائك طروقه ، وهي السبائك التي تشكل في حالتها الجامدة بالطرق أو الحدادة ، أو البثق ، أو الدلفنة ، وسبائك مصبوبة ، وهي السبائك التي تشكل في حالتها المنصهرة بصبها في قوالب الرمل أو قوالب دائمة .. الخ ، ويعتمد أسلوب تشكيل السبيكة على مطيليتها ، فالسبائك عالية المطيلية يطلق عليها السبائك الطروقة ، أما منخفضة المطيلية فهي السبائك المصبوبة ، وتقسم سبائك العنصر نفسه بين المجموعتين ، وعلى سبيل المثال ، سبائك النيكل المتفوقة الطروقة ، وسبائك النيك المتفوقة المصبوبة .

● الاستخدام

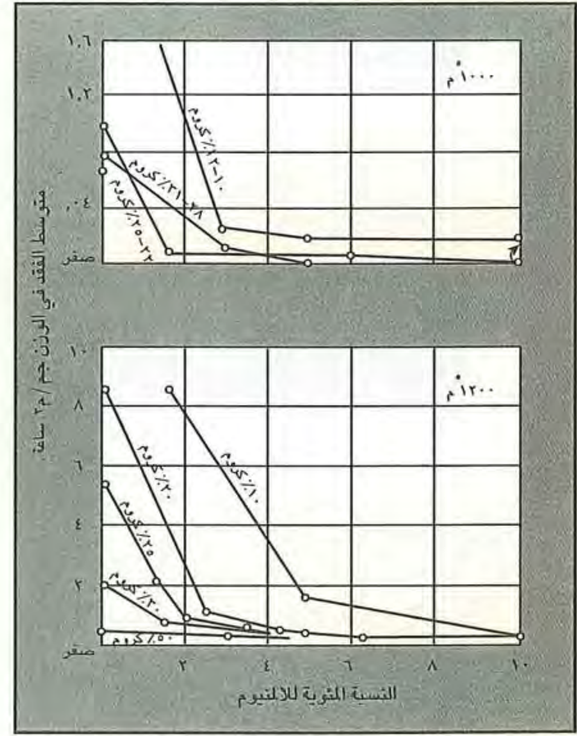
تقسم السبائك عامة ، أو سبائك العنصر الواحد على أساس التطبيقات المستخدمة فيها ، وعلى سبيل المثال ، سبائك لحام المونة وسبائك المحامل .

● عدد العناصر السبائكية

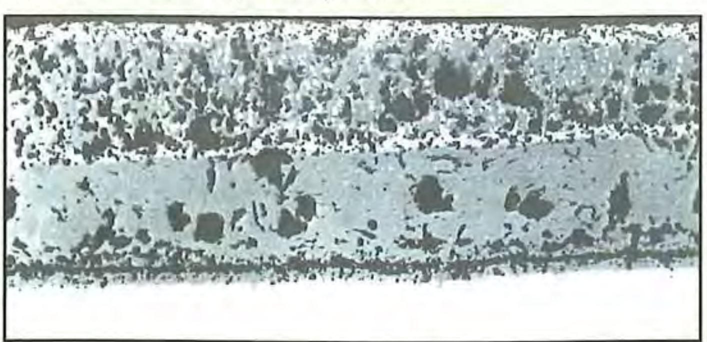
يقوم التقسيم في هذه الحالة على أساس مجموعة عناصر السبيكة ، فهناك السبائك الثنائية ، وهي مكونة من عنصرين وسبائك ثلاثية ، مكونة من ثلاثة عناصر .. الخ ، ويصل عدد العناصر في بعض السبائك إلى عشرة عناصر أو ربما أكثر .

أهم السبائك التجارية

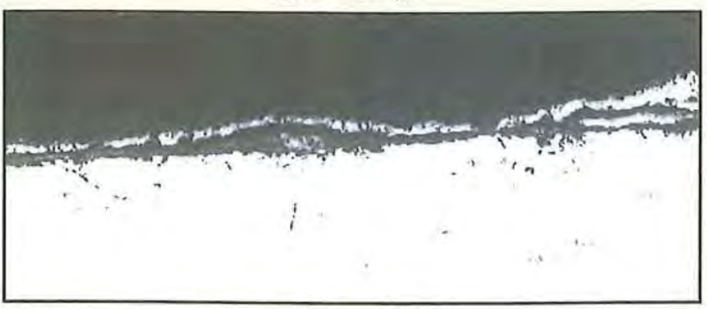
تتوافر الكثير من السبائك التي تعرف بأسماء تجارية أو رموز أو بأرقام معينة ، وهي إما سبائك حديدية - الفولاذ وحديد الزهر - أو سبائك غير حديدية مثل سبائك النحاس مثل النحاس الأصفر(Brass) أو البرونز (Bronze) ، وسبائك النيكل مثل



شكل (٤) تأثير إضافة الألمنيوم إلى سبائك الحديد - كروم على معدل الكبرتة عند درجات الحرارة ١٠٠٠ و ١٢٠٠ م لمدة خمس ساعات .



● (أ) حديد - ٥٪ كروم.



● (ب) حديد - ٢٥٪ كروم.

● شكل (٥) مقارنة بين الأكسيد المتكون على سبيكتي حديد بعد الأكسدة لمدة ١٤٤ ساعة عند درجة الحرارة ١٠٥٠ م..





● شكل (٦) تقسيم السبائك طبقاً لتركيبها البنائي الداخلي.

سبائك النيكل المتفوقة (Nickel superalloys) ، والمونيل (Monel) ، ونستعرض في هذا الجزء عدداً من أهم السبائك التجارية وذلك كما يلي :

● السبائك الحديدية

السبائك الحديدية عبارة عن سبائك أساسها فلز الحديد ، وهي تنقسم إلى مجموعتين وذلك كما يلي :–

* **الفولاذ :** وينقسم إلى نوعين هما:–

ـ الفولاذ الكربوني (Carbon Steel) : ويعرف أيضا بالفولاذ الكربوني السادة (Plain Carbon Steel) وكان يعرف قديماً في الورش بإسم فولاذ الماكينات (Machine Steel) حيث لايزال هذا المصطلح مستخدماً للفولاذ منخفض الكربون سهل التشكيل ، وهو عبارة عن سبيكة من الحديد بنسب كربون تتراوح ما بين ٤,٠٪ إلى ١,٧٪ إضافة إلى نسب من الشوائب : ١,٦٥٪ منجنيز ، ٠,٦٪ سيليكون ، و ٠,٦٪ نحاس ، ٠,٠٢٪ كبريت (حد أقصى) ، ٠,٠٤٪ فوسفور (حد أقصى).

تحدد خواص الفولاذ الكربوني بنسبة الكربون المضاف حيث تزيد كل من المقاومة والصلادة ولكن في الوقت نفسه تنخفض المطيلية بزيادة نسبة الكربون ، شكل (٢) وعلاوة على ذلك فإن زيادة نسبة الكربون تقلل كل من قابلية الفولاذ للتشكيل بالماكينات وقابلية اللحام ، كما تؤدي إلى تخفيض مقاومة التآكل والتوصيل الكهربائي والحراري فضلاً أنها تقلل بنسبة كبيرة الانفاذية المغناطيسية .

يقسم الفولاذ الكربوني إلى عدة مجموعات حسب نسبة الكربون ، ويوضح الجدول (١) تلك المجموعات وإستخدامات كل واحدة منها .

ـ الفولاذ السبائكي : وهو فولاذ كربوني أضيفت إليه بعض العناصر السبائكية للتغلب على نواحي القصور في الفولاذ الكربوني والمتمثلة في محدودية مقاومته الميكانيكية وضعف مقاومته للتآكل ، إضافة إلى صعوبة معالجته حرارياً ، ومن أهم العناصر السبائكية المضافة للفولاذ المذكور ، الكروم ، النيكل ، المولبيدنوم ، والنحاس ، ونسب قليلة من الزركونيوم أو التيتانيوم أو النيوبيوم .

ينقسم الفولاذ السبائكي إلي مجموعتين حسب نسبة العناصر السبائكية المضافة ، فهو إما فولاذ منخفض السبائكية عندما لاتزيد نسبة العناصر المضافة عن ٦٪ ، وفولاذ عالي السبائكية عندما تزيد نسبة العناصر عن ٦٪ .

ومن أهم أنواع الفولاذ عالي السبائكية الفولاذ المقاوم للتآكل (Stainless Steel) وهو فولاذ يضاف إليه فلز الكروم بنسبة ١٢٪ أو أكثر حيث يعمل الكروم على إضافة طبقة رقيقة من أكسيد الكروم تمنع استمرار التآكل ، وتوجد ثلاثة أنواع من الفولاذ المقاوم للتآكل إعتماداً على تركيبها البنائي ونسبة ونوع العناصر السبائكية ، وهي كما يلي :

١ـ فولاذ حديدي مقاوم للتآكل : وهو سلسلة من الفولاذ عالي السبائكية تركيبها البنائي الدقيق من الحديد ويحتوي على الكروم بنسب تتراوح ما بين ١٢٪ الى ٢٨٪ ، وبنسبه منخفضه من الكربون (٠,٠٨–٠,٠٣٪) ومنجنيز في حدود ١٪ إلى ١,٥٪ ، و ٠,٠١٪ سيليكون ، ويضاف إليه أحياناً نسبة من النيتروجين أو السيلينيوم لتحسين قابليته للتشغيل بالماكينات .

ويستخدم الفولاذ المذكور بكثرة في أجزاء زينة السيارات والمعدات ذاتية الحركة ، وعوادم السيارات ، وأغلفة المحولات والمكثفات ، وموزعات الأسمدة الجافة ، وسلال وصناديق التلوين ، وغرف الاحتراق ، وقضبان التقليب والصمامات .

٢ـ فولاذ أوستونيتي مقاوم للتآكل: وهوفولاذ سبائكي ذو تركيب بنائي من الأوستونيت ، وتتروارح نسبة الكروم فيه ما بين ١٧٪ إلى ٣٠٪ ، ويحتوي على نيكل بنسبة ٧٪ إلى ٢٠٪ ، وكربون بنسبة ٠,٢٥٪ مع فلز المنيوم وعناصر أخرى .

الفولاذ	نسبة الكربون	الإستخدامات
طري خامد	طري	الأنابيب المشكلة بالسحب ، والقضبان ،والأسلاك ، والمسامير والبراشيم ، وشرائط الكبس المدلفنة على الساخن
طري	متوسط الكربون	فولاذ الهيكلة السطحي ، والمراجل ، وصفائح السفن ، والتوصيلات والقضبان . جميع التطبيقات الهندسية المشكلة بالحدادة ، والأعمدة
متوسط الكربون	متوسط الكربون	المرفقية ، وأعمدة المحاور ، وألواح عوارض الوصل. قضبان السكك الحديدية ، والحبال السلكية ،
عالي الكربون	متوسط الكربون كربوني خاص	المناشير الشريطية ، وقوالب التشكيل بالحدادة . الأزاميل ، وشفرات القص ، وأدوات التخريم ، ومعدات الخراطة.

● جدول (١) تقسيم الفولاذ حسب نسبة الكربون وأهم إستخدامات كل صنف.

ويمتاز هذا النوع من الفولاذ بمتانته التي تزداد بالدلفنه وعدم مغناطيسيته ولكن يعاب عليه ضعف مقاومته للتآكل على حدودالحبيبات ، ولذلك تضاف إليه بعض العناصر السبائكيه شديدة الألفة للكربون أو تخفيض نسبة الكربون فيه ، ويعد الفولاذ المذكور من مواد الانشاءات المفضلة ويستخدم في كثر من التطبيقات أهمها : عربات السكك الحديدية ، أجسام الشاحنات، والطائرات ، وأجهزة تصنيع الاغذية ، ومعدات الطبخ ، ومعدات تقطير الزيت ، ومعدات تصنيع المواد الكيميائيه ، والأوعيه المستخدمه عند درجة حرارة التجمد.

٣- فولاذ مارتن زيتي مقاوم للتآكل : ويشبه في مكوناته الفولاذ الحديدي المقاوم للتآكل ولكن تزيد نسبة الكربون فيه لتصل إلى ١,١٪ ، ويحصل على هذا النوع من الفولاذ بالمعالجة الحرارية عن طريق التسخين إلى درجة حرارة ٩٠٠ْم ثم التبريد المفاجئ السريع . ويتمتع هذا النوع من الفولاذ بجانب مقاومته للتآكل بمقاومة ميكانيكيه عالية ، ولذا فهو يستخدم في صناعة التربينات ، وزعانف التربينات الغازيه ، وأجزاء الماكينات ، وعمود إدارة المضخات ، وأجهزة ومعدات الجراحة ، وقوالب تشكيل الزجاج ، وأجزاء من الطائرات وماكينات تصنيع الورق.

※ حديد الزهر: (Cast iron) : ويطلق على عدد كبير من سبائك ثلاثية مكونة من حديد، وكربون وسيليكون، ويقسم إلى خمس مجموعات أساس هي : حديد الزهر الرمادي، وحديد الزهر المطيل ، وحديد الزهر الأبيض ، وحديد الزهر المطروق ، وحديد الزهر عالي السبائكية. والخط الفاصل بين الفولاذ وحديد الزهر هو ٢٪ كربون ، وهي أقصى نسبة كربون في الفولاذ الأستونتي المشبع بينما تحتوي معظم انواع حديد الزهر على الأقل ٣٪ كربون ، وتتفاوت نسبة المنجنيز والكبريت ، وينقسم حديد الزهر إلى مايلي:

النوع	المكونات (٪)				
	كربون	سيليكون	منجنيز	كبريت	فوسفور
رمادي	٤,٠ _ ٢,٥	٣,٠ – ١,٠	١,٠ –,٢٥	,٢٥ –,٠٢	١,٠ –,٠٥
أبيض	٣,٦_١,٨	١,٩–,٥	,٨٠–,٢٥	,٢٠–,٠٦	,١٨–,٠٦
طروق	٢,٦٠_٢,٠	١,٦–١,١	١,٠–,٢٠	(※),١٨–,٠٤	(※),١٨
مطيل	٤,٠ _٣,٠	٢,٨ –١,٨	١,٠ –,١٠	(※),٠٣	(※),١٠

(※) أقصى قيمة

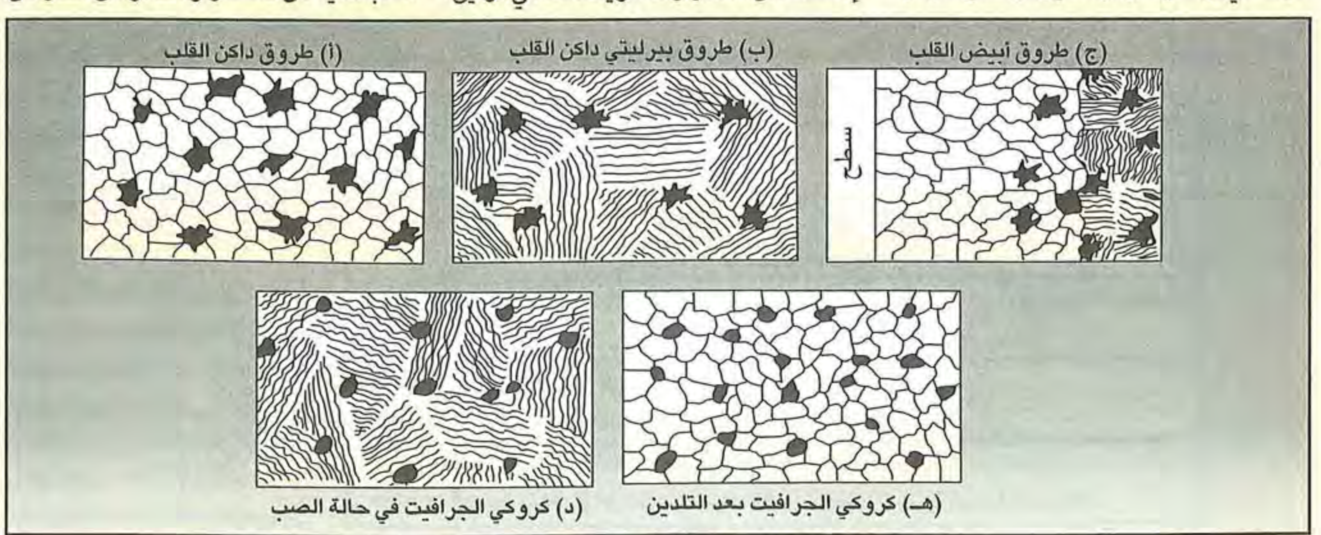
● جدول (٢) أنواع ونسبة مضافات حديد الزهر غير السبيك.

- حديد زهر غير سبيك : وينقسم إلى رمادي، وأبيض ، وطروق ، ومطيل ، جدول (٢) ، ويوجد الكربون فيه إما حراً على هيئة جرافيت ، كما في حالة حديد الزهر الرمادي وإما متحداً - كربيد الحديد (السمنتيت) - كما في حالة حديد الزهر الأبيض ، وقد توجد كذلك جزئيات غير متحدة (حرة) ،شكل (٧).

وتعد نسبة الكربون العالية ووجود الجرافيت في حديد الزهر السمات المميزة له ، ويساعد المحتوى الكربوني العالي في زيادة سيولة الحديد ، وبالتالي سهولة صهره ، كما أن وجود الجرافيت أثناء الصب يعمل على معادلة تقلص الفلز أثناء التبريد ، ولهذا تكون مصبوبات حديد الزهر سليمة وخالية من أية عيوب ، كما يساعد وجود الجرافيت في تسهيل التشغيل بالماكينات ، وله قابلية لإمتصاص الاهتزازات ، ويساعد في تزليق الأسطح المعرضة للبلى والحت ، ومما يساعد على تكوين الجرافيت وجود السيليكون الذي تتراوح نسبة مابين ٥. إلى ٣,٥٪ .

وعلى الرغم من المنافسة الشديدة بين حديد الزهر من جهة ، والمواد الهندسية الأخرى من جهة ثانية إلا أن حديد الزهر قد أثبت تفوقه الشديد إقتصادياً عن جميع هذه المواد ، كما أثبت أنه أنسب المواد لآلاف التطبيقات الهندسية المهمة ، والتي يصعب إستخدام أية مادة أخرى بديلة عنه ، ومن أهم استخدامات حديد الزهر : صناعة السيارات ، والمركبات ، ومعدات صناعة الحديد ، والفولاذ ، والمباني ، والاستخدامات المنزلية ، وأنابيب الماء والغاز والهواء ، والأغراض الهندسية الثقيلة ، والماكينات ، ومعدات السكك الحديدية ، والمعدات الزراعية .. الخ .

- حديد الزهر السبائكي : وهو حديد زهر رمادي يحتوى على عنصر سبائكية بنسبة أعلى من ٣٪ ، وقد تكون الإضافات السبائكية من عنصر واحد أو من أكثر من



● شكل (٧) التركيب البنائي لأنواع مختلفة من الحديد الزهر

عنصر ، ومن أهم العناصر السبائكية المضافة لحديد الزهر السبائكي السيليكون ، والنيكل ، والكروم ، والنحاس، والألمنيوم ، وتوجد عدة أنواع من حديد الزهر السبائكي هي : حديد الزهر عالي السيليكون ، وحديد الزهر عالي الكروم ، وحديد الزهر عالي النيكل .. الخ ، وتهدف العناصر السبائكية المضافة إلى رفع المقاومة الميكانيكية لحديد الزهر ، وتحسين مقاومته ، ومنع تكوين القشور السطحية .

ويستخدم حديد الزهر السبائكي في صناعة الأجزاء المعرضة للأوساط الآكلة وبخاصة المضخات والصمامات في الأوساط الحمضية .

● السبائك غير الحديدية

يطلق هذا الإسم على جميع السبائك التي لايكون أساسها العنصر الأب أو الأساس فلز الحديد ، وتمثل هذه السبائك كم ضخم وهائل من السبائك ، فهناك سبائك الألمنيوم ، وسبائك التيتانيوم ، وسبائك المغنيسيوم ، وسبائك الكوبلت ، وسبائك النيكل ، وسبائك النحاس .. الخ ومن هذه السبائك مايلي :

* **نحاس أصفر (Brass)** : وهو مجموعة من سبائك النحاس ـ زنك ، تصل نسبة الزنك فيها إلى ٤٠٪ ، وهي سبائك ذات خواص ميكانيكية جيده ، تجمع بين مقاومة الشد العالية والمطيلية المرتفعة ، بالإضافة إلى مقاومتها للتآكل ، هي ذات ألوان جذابة وجميلة ، حيث يكون لونها أحمر عند نسب منخفضة من الزنك ، وتتحول إلى اللون الأصفر عند زيادة نسبة الزنك إلى ٣٨٪ ، ومعاملي توصيلها الحراري والكهربائي عاليين ولكن يعيب هذه السبائك صعوبة تشكيلها على الساخن ، حيث تفشل في مدى درجات الحرارة مابين ٣٠٠ إلى ٧٥٠ م° .

وتعرف هذه السبائك أحياناً بأسم نحاس الطلقات ، نظراً لأستخدامها بكثرة في صناعة غلاف (ظرف) الطلقات النارية ، كما تستخدم أيضاً في أغراض كثيرة منها شبكات أنابيب مياه التدفئة المنزلية .

* **البرونز** : ويعد أول السبائك التي عرفها الإنسان وكانت تتكون في ذلك الوقت من النحاس والقصدير ، ولكن هذا التعبير لم يعد مقصوراً على سبائك النحاس ـ قصدير ، وإنما يطلق على سبائك النحاس مع أية عناصر سبائكية ، فيما عدا عنصري الزنك والنيكل ، نظراً لأن سبائك نحاس ـ زنك تعرف بالنحاس الأصفر ، أما سبائك النحاس ـ نيكل فيطلق عليها سبائك الكوبرنيكل ، ويوضح الجدول (٣) بعض سبائك برونز الفوسفور وأهم استخداماتها .

* **سبائك النحاس نيكل (Cupro nickel Alloy)** : وهي سبائك أساسها النحاس يضاف إليها النيكل ، وهما يكونان معاً محلولاً جامداً بأية نسب بينهما ، وتتراوح نسبة النيكل في سبائك النحاس نيكل مابين ٥٪ ، الى ٤٠٪ ، وتمتاز بالمطيلية وقابلية الطرق ، ومقاومتها للتآكل عالية جداً ويحول إضافة النيكل إلى النحاس إلى اللون الأبيض الوردي ، ويمكن الوصول إلى اللون الأبيض الناصع بإضافة كمية صغيرة من الكوبلت إلى هذه السبائك ، وتستخدم هذه السبائك في تطبيقات عديدة ، وإن كان التطبيق يتوقف على نسبة النيكل ، ويوضح الجدول (٤) عدداً من سبائك هذه المجموعة مع بيان أهم استخداماتها .

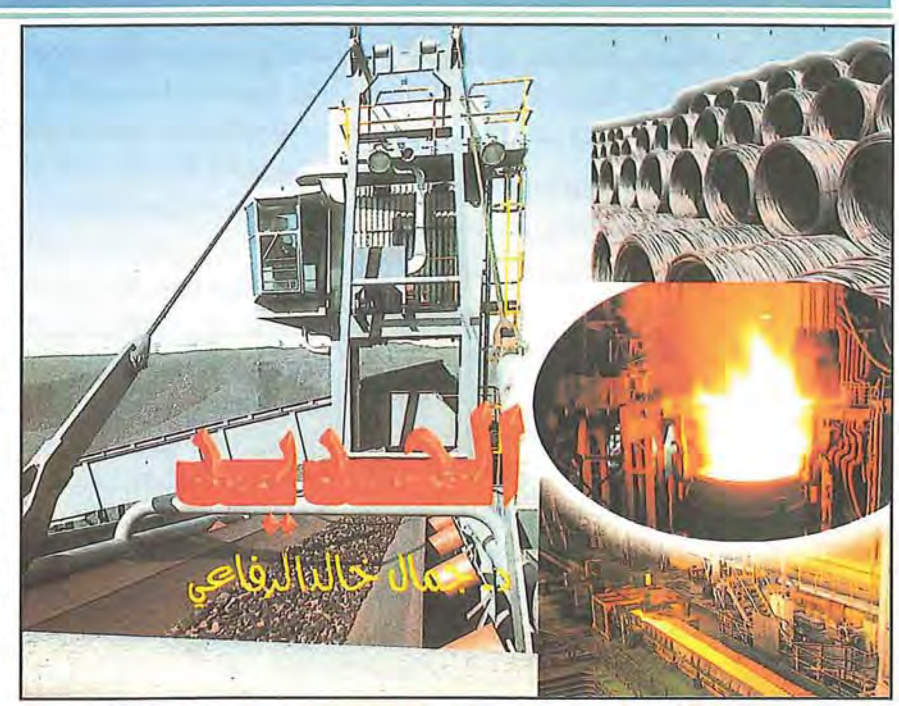
* **فلز مونيل (Monel Metal)** : وهي سبيكة من النيكل – نحاس تتكون من ٦٧٪ نيكل ، و ٢٨٪ نحاس ، و ٥٪ من عناصر الحديد ، والمنجنيز ، والسيليكون ، وتنتج هذه السبائك إما في صورة مصبوبة أوصورة طروقة ، ويمكن تكوينها بعد تشكيلها على البارد ، وتمتاز هذه السبائك بمقاومة عالية للتآكل ، حيث تقاوم تأثير كثير من الأحماض ، وتحتفظ ببريق سطحها تحت تأثير كثير من العوامل المحيطة ، ولهذا تستخدم في صناعة الأجزاء المعرضة للمواد الكيميائية ، ولأية تطبيقات تتطلب بجانب مقاومة التآكل لونا أبيضاً جميلاً.

رقم السبيكة	المكونات	الإستخدامات
٥٠٥	نحاس - ١,٢٥٪ قصدير، وآثار من الفوسفور	التوصيلات الكهربائية القابلة للثني ، وخطوط الضغط العالي
٥١٠	نحاس -٥٪ قصدير ، وآثار من الفوسفور	أجهزة الصناعات الكيميائية ، ومكنات النسيج ، وقضبان اللحام ، وأجزاء المجامع ،والأنابيب ، والمثبتات
٥١١	نحاس - ٤,٢ ٪ قصدير -٢,٪ فوسفور	كراسي تحميل الكباري ، وأسلاك الفرش، والألواح المثقبة ، وماكينات النسيج ، وأجزاء الفتح والقفل ، وأذرعة الضغط ، وأجزاء الجمالون
٥٢١	نحاس - ٨,٥٪ قصدير، وآثار من الفوسفور	الأغراض العامة الأكثر صعوبة لإستخدام سبائك النحاس الأسلاك الثقيلة والألواح المعرضة للضغط ، وألواح وامتدادت
٥٢٤	نحاس - ١٠٪ قصدير ، وآثار من الفوسفور	الكباري ،ولاغراض المظهر الطيب ، ومقاومة جيدةللتآكل والبلى

● جدول (٣) مكونات وإستخدامات بعض سبائك برونز الفوسفور.

رقم السبيكة	المكونات (٪)					أهم الإستخدامات
	نحاس	نيكل	حديد	بيرليوم	قصدير	
٧٠٦	٨٨,٧	١٠	١,٣	–	–	أجهزة تحلية المياه المالحة (الواح المكيفات ، أنابيب المكثفات والمقطرات والمنجزات والمبادلات الحرارية)
٧١٠	٧٩,٠	٢١,٠	–	–	–	ألواح المكثفات ، ويايات كهربائية،و أنابيب المبخرات ،والمبادلات الحرارية
٧١٥	٧٠,٠	٣٠,٠	–	–	–	كما في سبيكة ٧٠٦
٧١٧	٦٧,٨	٣١,٠	,٧	,٥	–	التطبيقات التي تحتاج الى مقاومة شد عالية ، والمقاومة للتآكل مثل غلاف المسماع المائي ، وأسلاك مرسى السفن، والحواجزالمصنوعةعلى شكل حلقات ومسامير ودبابيس في كابلات الهاتف
٧٢٥	٨٨,٢	٩,٢	–	–	٢,٣	الوصلات ،و اليايات ، ومفاتيح وسبائك اللحام

● جدول (٤) مكونات وأهم إستخدامات سبائك النحاس نيكل.



يعتقد أن الإنسان قد استخدم الحديد للمرة الأولى منذ ٤٠٠٠ عام قبل الميلاد وكان مصدره النيازك . كما يعتقد أن الفينيقيين هم أول من اكتشف طريقة تصنيع الحديد عام ١٤٠٠ قبل الميلاد حيث استخدموه في تصنيع أسلحتهم . وفي القرن العاشر قبل الميلاد كانت جميع الحضارات تقريباً آنذاك قد توصلت إلى طرق صناعة الحديد وبذلك بدأ العصر الحديدي . في تلك الفترة كان الحديد ينتج من خاماته بواسطة أفران بسيطة قليلة العمق وذلك باستخدام الفحم النباتي في مجمرة الفرن ، وبالتسخين لعدة ساعات يتم إرجاع أكاسيد الحديد بالكربون وينتج فلز الحديد اللامع الذي لايستخدم بصورته تلك ، بل يعاد تسخينه عدة مرات لتخليصه من بقية الشوائب التي يؤدي وجودها لجعل الفلز قصيفاً . وفي عام ٧٠٠م تمكن صُنّاع الحديد في كاتالونيا شمال شرق أسبانيا من استخدام فرن يُضغط الهواء عند قاعدته ثم يُدفع إلى داخله باستخدام الطاقة المائية .

وفي عام ١٢٠٠م تم الحصول على الحديد المطاوع بإعادة تسخين وتشكيل وتبريد الحديد . وفي القرن الرابع عشر الميلادي بُنيت الأفران العالية لإنتاج مصهور الحديد في أوربا ، ومع بداية القرن الثامن عشر للميلاد استخدم البريطانيون الكوك بدلاً من الفحم النباتي في الأفران العالية وتم إنتاج الحديد الزهر واستخدامه بصورة واسعة في صناعة الآلات والبناء .

الحديد في الطبيعة

يعد الحديد أكثر العناصر انتشاراً في الطبيعة ، حيث يأتي في المرتبة الرابعة بعد الألمنيوم من حيث سعة انتشاره إذ يشكل ٤,٧٪ وزناً من القشرة الأرضية . وللحديد عدة معادن تتمتع بأهمية صناعية على المستوى العالمي هي الهيماتيت (Fe_2O_3) ، والماجنيتيت (Fe_3O_4) ، والليمونيت ($FeOOH$)، والسيدريت ($FeCO_3$) . فضلاً عن وجود فلزات أخرى للحديد لم تعد هامة في إنتاجه مثل الكاموزيت (ألينو سيليكات الحديد والمغنيسيوم) والبيريت (FeS_2) .

يبلغ إنتاج العالم من خام الحديد حوالي ٩٠٠مليون طن لعام ١٩٩٢م ، وقد كانت الصين هي الأكثر إنتاجاً (١٩٥مليون طن)، يتبعها الاتحاد السوفيتي السابق (١٦٢مليون طن) ، والبرازيل (١٤٨مليون طن) ، واستراليا (١١٥مليون طن) ، والهند والولايات المتحدة (٥٥مليون طن لكل منهما) .

الخواص الفيزيائية والكيميائية

تعتمد الخواص الفيزيائية للحديد بصفة أساس على درجة نقاوته حيث ينقسم الحديد النقي ـ حسب النسبة المئوية لكمية الحديد ـ إلى ثلاثة أنواع هي حديد نقي تقنياً (٩٩,٥-٩٩,٩٪حديد) ، ونقي (٩٩,٩-٩٩,٩٩٪حديد) ، وعالي النقاوة (٩٩,٩٩٪حديد) .

يتميز الحديد النقي بقابليته للطرق والسحب ، وتوصيله للحرارة والكهرباء ، وبقدرته وامتصاصه للاهتزازات والصدمات . وعندما تصل نسبة تركيز الكربون به من ٢٪-٤٪ يصبح قصفاً جداً ، ويطلق عليه اسم الحديد الزهر (يحتوي أيضاً على ١-٣٪ سيليكون ، وكميات ضئيلة من المنجنيز والفوسفور والكبريت) .

كما يتميز الحديد بثباته في الهواء الجاف وفي الماء غير الحاوي على ثاني أكسيد الكربون والهواء ، إلا أنه يتحول ـ في وجود الماء الحاوي على الهواء أو الهواء الرطب ـ إلى أكسي هيدرات الحديد الثلاثي ($Fe_2O_3.H_2O$) التي تعرف باسم الصدأ ، والطبقة الناتجة في هذه الحالة مخلخلة وقابلة للقشر وتجعل بالإمكان إستمرار تفاعل تآكل الفلز ، لذلك يحفظ الحديد من التآكل بعزله عن الماء والهواء بطبقة من الدهان الزيتي . ويقدر ما يتلف من الحديد في العالم نتيجة التآكل بربع ما ينتج منه .

تعدين الحديد

تمر عملية تعدين فلز الحديد بعدة مراحل بدءاً من إعداد الخامات إلى إنتاج الفلز وتنقيته وتشكيله ، ويمكن توضيح هذه المراحل على النحو التالي :ـ

● إعداد خامات الحديد

يتم إعداد خامات الحديد من خلال العمليتين التاليتين :ـ

*** تركيز الخامات (Ores Benefication) :** وتهدف إلى جعل خامات الحديد مناسبة أكثر لعمليات إنتاج الحديد في الفرن العالي، وذلك من خلال زيادة نسبة عنصر الحديد في الخام ، وتحسين تركيب الخامة بخفض مستوى السيليكا فيها بنسبة تتراوح بين ٥٪ إلى ٨٪ حيث تتطلب عمليات الاختزال والصهر خبثاً معدنياً قلوياً تكون نسبة الجير (CaO) فيها أكثر من السيليكا (SiO_2) ، مع إزالة المكونات الضارة الموجودة في الخامة مثل الفوسفور والزرنيخ والكروم والنحاس والفاناديوم والعناصر القلوية والكبريت والتيتانيوم

التي تؤثر سلباً على العملية التعدينية وتقلل من جودة الحديد أو الفولاذ المنتج .

تعتمد طرق تركيز الخام على الاستفادة من الفروق في الصفات الفيزيائية والفيزوكيميائية بين الفلزات الحاملة للحديد والفلزات الشائبة ، وتجري تلك العمليات على خامات الحديد بعد إخضاعها لعمليات تكسير وطحن وغربلة ثم عمليات تركيز الخامة . وذلك من خلال عدة طرق أهمها مايلي :-

(أ) ارتفاع الوزن النوعي لفلزات الحديد مقارنة بالفلزات الشائبة : وتتم بطرق عديدة منها : الطرد المركزي باستخدام الفاصل المخروطي (Cyclone) أو الأسطواني (لفصل الحبيبات متوسطة الحجم) ، والفصل بوسط كثيف لفصل حبيبات الكوارتز (≥ ٣ملم) ، والفصل باستخدام المُرَكِّزات الحلزونية للحبيبات الناعمة (٠,٠٧٥-٢مم) .

(ب) التركيز المغناطيسي : ويعتمد على الاختلاف في الصفات المغناطيسية بين الفلزات الحديدية والشوائب المرافقة لها . وتجري هذه العملية في فاصلات على هيئة صهاريج حاوية على أقطاب (Poles) ، وذلك بطريقتين الأولى : جافة وتستخدم للخامات ذات الأجزاء أكبر من ٣-٦مم ، والثانية رطبة للأجزاء الأقل حجماً وذلك لتلافي الغبار .

(جـ) الفصل الإلكتروستاتي : ويعتمد على اختلاف الفلزات في ناقليتها الكهربائية، وتستخدم لذلك فاصلات الكتروستاتية على هيئة براميل ، يتم فيها اعادة تنظيف المُرَكِّزات حيث يتم نزع شوائب الكوارتز . وتقتصر هذه الطريقة على حجوم الحبيبات التي تتراوح ، ما بين ٠,٠٥ إلى ١مم .

(د) الفصل بالتعويم : ويستخدم في مرحلة التركيز النهائية نظراً لكلفته المرتفعة نسبياً ، وتعتمد هذه الطريقة على اختلاف الصفات السطحية للفلزات وقدرتها على التبلل ، وتستخدم عندما تكون الخامة مطحونة طحناً ناعماً حيث يتم مزجها بالماء الذي تنفخ فيه فقاعات هوائية ، فتلتصق دقائق الشوائب غير المبللة بفقاعات الهواء وتعوم على هيئة رغوة ، وتبقى دقائق فلز الحديد المبللة في الأسفل ليتم فصلها .

ويجري ضبط الظروف - كالتحكم في الرقم الهيدروجيني (pH) للوسط ، أو استخدام مضافات مسهلة لعملية الفصل - لمنع فلز الحديد من الطفو .

(هـ) الفصل بالغسيل : وتجرى هذه العملية في براميل غسيل يتم فيها فصل الخامة الحاوية على الليمونيت والهيماتيت كخامات حديدية عن الكاؤولين والكوارتز والألومينا كشوائب . تُتبع هذه الطريقة في الهند والبرازيل ويتم فيها زيادة محتوى الحديد إلى ٢٪ مع خفض محتوى أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) من (٣-٤٪) إلى (١,٧٪) .

*** تحويل الخامات الناعمة إلى قطع : (Agglomeration)** ، وتهدف إلى تقليل نسبة الخامات الناعمة المنطلقة مع غازات الأفران العالية ، وتحسين نفاذية عمود المواد المشحونة في الفرن العالي ، وتحسين استخدام الطاقة الحرارية ، وزيادة قدرة التيار الغازي على الاختزال ، وتحسين تشكل الخبث وانتقال الكبريت إليه .

يتم تحويل الخامات الناعمة إلى قطع بطريقتين أساسيتين هما :

- التكوير (Pelletizing) : وتتم على مرحلتين : في الأولى تخضع الخامات الناعمة لعمليات تكوير للحصول على كريات قطرها (٩-١٦مم) باستخدام قرص دوَّار أو برميل تكوير . بينما تجري في المرحلة الثانية عملية تقسية للكريات وذلك بتسخينها في أفران دوَّارة أو قائمة إلى درجة حرارة (١٢٠٠-١٣٢٠مْ) لتكتسب القوة الميكانيكية الكافية للتغلب على الإجهادات التي تتعرض لها خلال نقلها للفرن العالي .

- التلبيد (Sintering) : وتشمل تحويل الخامات والمُرَكِّزات الناعمة وغبار الأفران إلى قطع عند حرق الوقود في طبقة المادة المراد تلبيدها ، أو بتقديم الحرارة اللازمة من منبع حراري خارجي .

يتم إنتاج المُلَبِّد من خلائط مدروسة مكونة من الخامة والمركز الناعمين ومسترجع عمليات التلبيد ومسحوق الكوك ومسحوق الحجر الكلسي أو الجير المحروق والدولوميت ، والأوليفين (Olivine) ، ورمل الكوارتز .

المادة	النسبة الوزنية(٪)
حديد كلي	٥٥,٥-٥٨
حديد ثنائي	٤,٥-٦
سيليكا	٥-٦
أكسيد كالسيوم	٩-١١
أكسيد مغنيسيوم	١,٢-٢,٣
أكسيد ألمنيوم	١,٢-٢

● جدول (١) نتائج تحليل الملبدّات المنتجة في أحد المصانع بألمانيا.

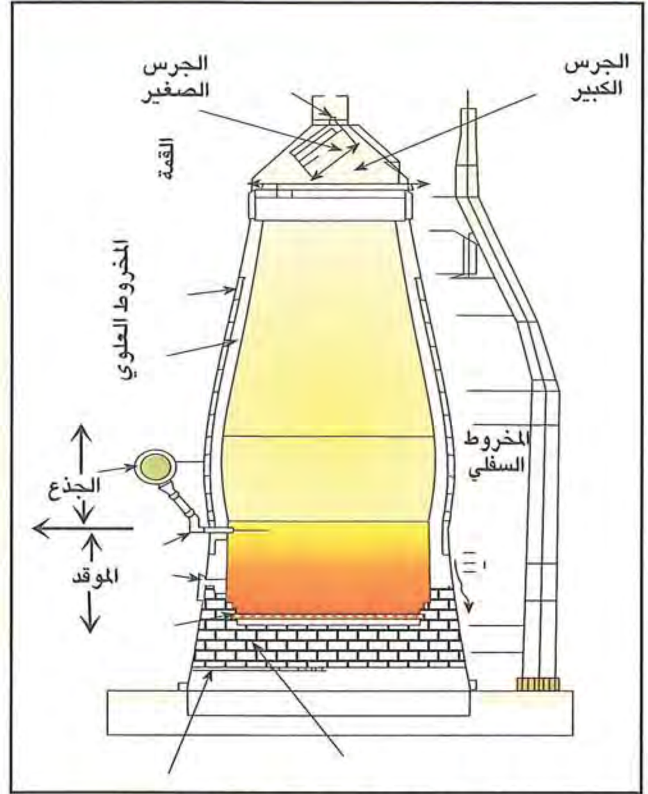
تتم عملية التلبيد بترطيب الشحنة وتحويلها إلى كريات بأبعاد (٠,٥-٥مم) ، ثم حرق الوقود لتصل درجة الحرارة إلى ١٣٠٠-١٦٠٠مْ مما يؤدي لانصهار جزء من الخامة والمواد المساعدة على الانصهار ، ويتم في الطور السائل تلبيد الأجزاء غير المصهورة بعد إنخفاض درجة الحرارة . ويوضح الجدول (١) نتائج تحليل الملبدات المنتجة في إحدى المصانع بالمانيا.

● إنتاج الحديد

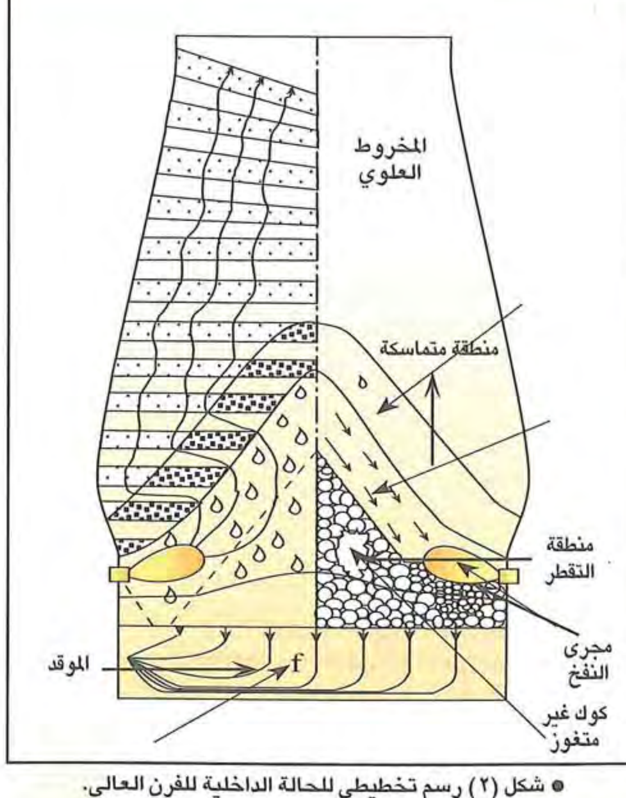
يتطلب إنتاج الحديد من خاماته كمية كبيرة من الحرارة يصرف جزء منها في تسخين المواد الأولية لتهيئتها ، بينما يصرف الجزء الآخر على التفاعلات الكيميائية الماصة للحرارة . ويشكل الوقود الأحفوري وخاصة الكوك عامل الاختزال الأول في الأفران العالية المستخدمة لانتاج الحديد حيث أنه يتميز بنفاذية عالية للغازات المارة في عمود المواد المشحونة في الفرن العالي ، وباحتوائه على أقل كميات ممكنة من الرماد والرطوبة والكبريت .

يتم إنتاج الحديد باستخدام ثلاث تقنيات أساس هي :-

*** الفرن العالي :** ويعمل بمبدأ التيار المتعاكس حيث تهبط فيه مواد الشحنة (ملبدات خام الحديد ، والكوك ، والمواد المساعدة للصهر) نحو الأسفل ، شكل (١) وتصعد الغازات نحو الأعلى ، وتتم إضافة مواد الشحنة إلى الفرن العالي بصورة متتابعة ابتداء من الجرس الصغير الذي يفرغ محتواه في صندوق الجرس الكبير وهو في وضعية الاغلاق ، وقبل أن تنقلب محتويات الجرس الكبير - عند امتلائه - تحت تأثير وزنه ، يتم إغلاق الجرس الصغير لمنع هروب



● شكل (١) مقطع طولي لفرن عالي نموذجي .



● شكل (٢) رسم تخطيطي للحالة الداخلية للفرن العالي .

الغازات من الفرن . ويتألف عمود الشحنة في منطقة المخروط العلوي ، شكل (٢) ، من الخامة والكوك بترتيب طبقي ، ويوجد تحت عمود الشحنة منطقة متماسكة تحتوي على الكوك كمادة صلبة .

يمكن توضيح تقنية إنتاج الحديد بوساطة الفرن العالي في الخطوات التالية :

١ـ يدخل تيار من الهواء الساخن (١٣٥٠ْم) إلى داخل الفرن عبر أنابيب النفخ الواقعة أسفله ، حيث يتفاعل الأكسجين مع الكوك مكوناً أول أكسيد الكربون (CO) ، مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة الوسط إلى ٢٢٠٠ْم . ويستهلك الكوك ـ المتواجد في المنطقة الواقعة على مستوى أنابيب النفخ ـ الأكسجين الداخل مع تيار النفخ بصورة كاملة مما يمنع الكوك المتواجد في مركز الفرن من التغوز ، شكل (٢) .

٢ـ يصعد غاز أول أكسيد الكربون الساخن عبر شقوق الكوك في المنطقة المتماسكة ، شكل (٢) ، حيث يتم اختزال أكاسيد الحديد فتنصهر كل مواد الشحنة ـ باستثناء الكوك ـ . وتسيل إلى أسفل الفرن ، وتتم تفاعلات الاختزال بطريقين هما :ـ

ـ **مباشرة :** ويتم فيها اختزال أكاسيد الحديد المنصهرة (السائلة) وفقاً للتفاعل التالي :

$$FeO_n + nC \rightleftharpoons Fe + nCO$$

ـ **غير مباشرة :** ويتم فيها اختزال أكاسيد الحديد في حالتها الصلبة بوساطة غازي أول أكسيد الكربون والهيدروجين ـ الناتج من تفاعل الغاز الطبيعي مع غاز ثاني أكسيد الكربون ـ وفقاً للتالي :

$$FeO_n + n(CO,H_2) \rightleftharpoons Fe + n(CO_2,H_2O)$$

وطبقاً للتفاعلات السابقة فإنه يتم اختزال أكاسيد الحديد العليا ـ مثل الهيماتيت والماجنيتيت والووستيت (Wustite) ـ وكذلك (FeO) بوساطة غاز (CO) على النحو التالي :

$$3Fe_2O_3 + CO \longrightarrow 2Fe_3O_4 + CO_2$$

$$Fe_3O_4 + CO \longrightarrow 3FeO + CO_2$$

$$FeO + CO \longrightarrow Fe + CO_2$$

٣ـ يغادر غاز القمة (Top Gas) ـ يتكون بصفة أساس من النيتروجين وأول وثاني أكسيد الكربون والهيدروجين ـ الفرن من أربعة منافذ متواجدة أعلاه حيث ينظف ويستخدم ٢٥٪ ـ ٣٠٪ منه في التسخين المسبق لتيار النفخ ، و ١٥٪ ـ ٢٠٪ لتشغيل النفاخات التوربينية المستخدمة للحصول على تيار النفخ المضغوط ، و ٥٠٪ ـ ٦٠٪ للتسخين في أجزاء أخرى من المصنع .

٤ـ يسيل الحديد المصهور والخبث بهدوء عبر طبقة الكوك نحو الموقد حيث يمتص الحديد المصهور النسبة المسموحة ديناميكي حرارياً (Thermodynamically) من الكربون (٣,٨٪ ـ ٤٪) ، ويجتمع في البوتقة أسفل الفرن حيث يطفو الخبث على السطح ، ويؤخذ الحديد لصبه خارج الفرن مع إزالة بقايا الخبث بكشطها عن سطحه في جهاز السَّبك .

٥ـ ينقل مصهور الحديد النا تج إلى مصنع الفولاذ بوساطة مغارف خاصة مبطنة بمواد مقاومة للحرارة ، أو تصب في قوالب صغيرة بزنة ٥ كجم ، أما الخبث ـ يتكون بصفة أساس من مركبات ثاني أكسيد السيليسيوم ، وأكاسيد الكالسيوم والمغنيسيوم والألمنيوم ـ فينقل في أوعية من الحديد أو الفولاذ ، ويُكسَّر بعد تصلبه ، ويغربل حيث يستخدم في رصف الطرق ، وعمليات العزل الحراري ، وغيرها من الاستخدامات الأخرى .

٦ـ ينزع الكبريت من الحديد الخام، حيث تتطلب صناعة الفولاذ حديداً خاماً تقل به نسبة الكبريت عن ٠,٠٢٥٪ – ٠,٠٣٥٪، ويتم ذلك بإضافة كميات زائدة من الحجر الكلسي، كما تلعب مساعدات الصهر ـ مركبات الكالسيوم والمركبات القلوية والمغنيسيوم وخلائطه ـ دوراً هاماً في نزع الكبريت. وتعتمد قدرة هذه المركبات في نزع الكبريت من الحديد الخام على ظروف المعالجة كالخلط، والجو المحيط (مؤكسد أو مختزل)، وتركيب الحديد الخام، وخصائص وكمية خبث الفرن العالي. ومثال ذلك يتم نزع الكبريت من الحديد الخام بوساطة كربيد الكالسيوم وفقاً للتفاعلات التالية :

$$CaC_2 + S \longrightarrow CaS + 2C$$
$$CaC_2 + \tfrac{1}{2}O_2 \longrightarrow CaO + 2C$$
$$C + \tfrac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO$$

كما يتم نزع الكبريت بواسطة الجير على النحو التالي :

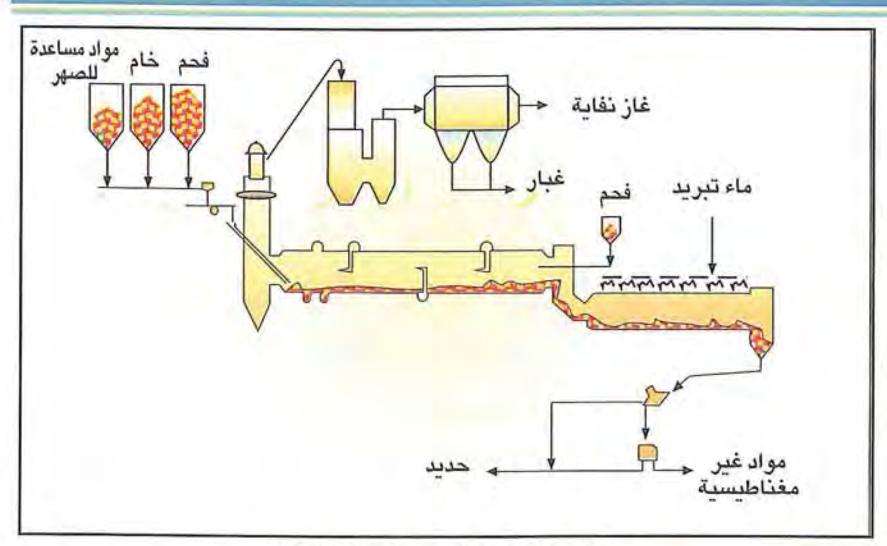
$$4CaO + 2S + Si \longrightarrow 2CaS + 2CaO.SiO_2$$
$$2CaO + 2S + Si \longrightarrow 2CaS + SiO_2$$

*** الاختزال المباشر (Direct Reduction) :** ويتم فيه اختزال ما يصل إلى ٩٢٪–٩٥٪ من أكسيد الحديد إلى حديد معدني.

ومن أهم طرق إنتاج الحديد الخام بالاختزال المباشر طريقتين هما :–

ـ طريقة لورجي (Lurgi) :ـ وتتميز بمرونتها العالية تجاه نوعية المواد الخام ونوعيات الفحوم المستخدمة، كما تتميز بقدرتها على الإنتاج بصورة اقتصادية حتى عند إنتاج كميات صغيرة من الحديد.

يتم في طريقة لورجي اختزال أكاسيد الحديد في فرن دوار محكم الإغلاق، شكل (٣)، مبطن بمواد مقاومة للحرارة ومائل من جهة تغذية اللقيم إلى جهة التفريغ.



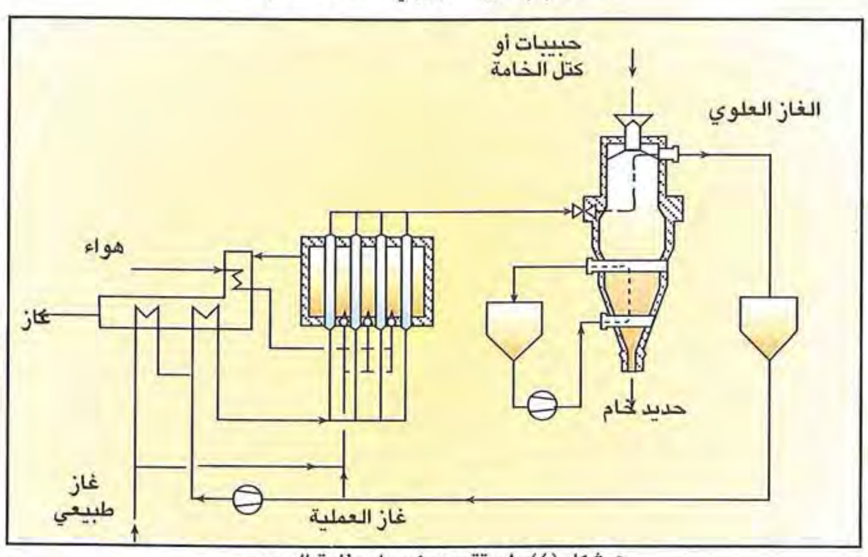
● شكل (٣) طريقة لورجي لصناعة الحديد.

تعبُر الشحنة ـ الفحم الجديد والكربون المسترجع والخامة أو الحبيبات، والدولوميت أو الحجر الجيري (كعامل نازع للكبريت) بنسب محدودة ـ الفرن خلال فترة زمنية تتراوح ما بين ٨ إلى١٢ ساعة، وتعتمد فترة مكوثها على ميل الفرن، ودرجة امتلائه، وسرعة دورانه، ويُزَوَّد ٣٥٪ من إجمالي الفحم الجديد داخل الفرن من طرف التفريغ، ويتم دخول الهواء اللازم في منطقة التغذية من الفرن بواسطة صنابير حقن الهواء.

تسخن الشحنة إلى درجة حرارة تتراوح بين ٩٥٠ْم إلى ١١٠٠ْم حيث يتم اختزال خامة الحديد إلى حديد بوساطة أول أكسيد الكربون وفقاً للتفاعل التالي :–

$$Fe_X O_Y + CO \longrightarrow Fe_X O_{Y-1} + CO_2$$

ويتفاعل غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) مع الكربون مكوناً غاز أول أكسيد الكربون (CO) اللازم لعملية الاختزال حيث يحرق المتبقي منه لتوفير الحرارة الضرورية في منطقة الاختزال. يبرد الحديد النا تج بعد خروجه من الفرن، وتنظف الغازات المتخلفة عن التفاعل وتحرق ليستفاد من طاقتها.



● شكل (٤) طريقة ميدركس لصناعة الحديد.

ـ طريقة ميدركس (Midrex) : وتعد من أكثر طرق الاختزال المباشر ـ المعتمد على الغاز ـ نجاحاً، (شكل ٤)، ويتم فيها بصورة مستمرة تحويل الغاز الطبيعي حَفْزياً إلى هيدروجين، وأول أكسيد الكربون (بنسبة ١,٥إلى ١) عند درجة حرارة ٩٠٠ْم باستخدام تيار جزئي ($\frac{٢}{٣}$) من غاز القمة (Top Gas) بعد تنظيفه وتبريده لنزع بخار الماء.

يتم إختزال أكاسيد الحديد في الجزء الأسطواني من الفرن القائم عند درجة حرارة ٧٨٠ـ٨٨٠ْم، ويتم تبريد الحديد الخام النا تج في مقطع التفريغ المخروطي للفرن إلى ٤٥ْم بغاز تبريد دوار، مع ضبط محتوى الكربون فيه ليتراوح من ١,٢٪ إلى

٢,٥٪ . كما يمكن توليد غاز الاختزال (CO) بإعادة تشكيل الغاز الطبيعي ببخار الماء وفقاً للتفاعل التالي :-

$$CH_4 + X\,H_2O \longrightarrow CO + 3\,H_2 + (X-1)H_2O$$

- الاختزال بالصهر (Smelting - Reduction Processes) : وهو عبارة عن طرق متعددة المراحل تهدف إلى إنتاج الحديد السائل بطاقة إنتاجية منخفضة ، وذلك بالاستخدام المباشر للفحم ، وبأقل أضرار ممكنة للبيئة مقارنة بالفرن العالي .

يجري في طرق الاختزال بالصهر اختزال الخامة اختزالاً أولياً بواسطة الغاز الناتج في وعاء الصهر فتنصهر الخامة مشكلة الحديد الإسفنجي الذي يهبط إلى وعاء الصهر حيث تتم أكسدة الفحم لتوليد الطاقة اللازمة للصهر .

هناك عدة طرق للإختزال بالصهر من أهمها : - الصهر **بالبلازما** وتستخدم فيها الطاقة الكهربائية ، ولايمكن الاعتماد عليها إلاَّ في الدول التي يكون فيها التيار الكهربائي رخيص التكلفة - ، وطريقة **كوركس (Corex)** :- وتُفْصَل فيها مرحلة إختزال خام الحديد عن مرحلة الانصهار في مفاعلين ، ويعمل بهذه الطريقة مصنع أنشيء في جنوب إفريقيا منذ عام ١٩٨٨م بطاقة إنتاجية مقدارها ١٠٠٠طن/يومياً .

● تنقية الحديد

يستخدم الحديد النقي بكميات كبيرة في تعدين المسحوق (Powder Metallurgy) ، وفي التقنية المغناطيسية ، بينما يستخدم الحديد عالي النقاوة بصورة شبه تامة في الأبحاث الأساسية . ويمكن توضيح إنتاج هذين النوعين من الحديد كما يلي :-

- الحديد النقي : ويتم إنتاجه بأربعة طرق مختلفة هي :-

١- معالجة الفولاذ السائل تحت ضغط مخفف .

٢- التحليل الكهربائي لإلكتروليتات مائية باستخدام مصاعد (Anodes) من الحديد المنتج بالطريقة السابقة .

٣- تحويل الحديد إلى كربونيل الحديد ثم تفكيكه لاحقاً .

٤- تحويل الحديد إلى كلوريد الحديد ، ثم تنقيته واختزاله بالهيدروجين .

وقد أجريت عدة محاولات لإنتاج الحديد بنقاوة كيميائية منذ مطلع هذا القرن، حيث استطاعت إحدى الشركات الأمريكية أن تنتج حديداً نقياً يعرف باسم **أرمكو** (Armco) ، وذلك باستخدام طريقة **سيمنس - مارتن** التقليدية لصناعة الفولاذ. ويتصف هذا الحديد بضآلة نسبة الكربون فيه ، وبمحتوى منخفض جداً من المواد الشائبة الأخرى .

ويتم إنتاج هذا النوع من الحديد - في وقتنا الحاضر - بمعالجة الفولاذ المنقى جيداً تحت ظروف الضغط المخفف ، وذلك لإزالة كل من : النيتروجين والهيدروجين الذائبان ، إضافة إلى الكربون من خلال التفاعل مع الأكسجين ، وكذلك الأكسجين أحياناً وذلك بتفاعله مع الكربون أو الهيدروجين ، وكذلك إمكانية فصل أكاسيد بعض العناصر المرافقة المعلقة في الحديد السائل.

- الحديد عالي النقاوة : ويُنتج بطريقة التسامي (Sublimation Process) حيث تبدأ بكلورة الحديد الإلكتروليتي ، ثم تصعيد (تسامي) كلوريد الحديد ($FeCl_3$) للحصول على مادة بأقل درجة من الشوائب ، يلي ذلك اختزال المادة المتسامية بالهيدروجين للحصول على الحديد مرتفع النقاوة ، ولايستخدم هذا النوع من الحديد عادةً إلاَّ بكميات صغيرة فقط .

سبائك الحديد

سبائك الحديد عبارة عن خلائط مع مواد تذوب في الحديد المنصهر الغرض منها تحسين صفات الحديد والصلب مثل الصلادة ، ومقاومة التآكل وقوة الشد سواء كان للحديد أو الصلب أو لتحسين سبائك أخرى .

تحضر سبائك الحديد بواسطة أختزال الخامات المؤكسدة مباشرة أو باضافة الكربون أو السيليكون أو الألمنيوم عند درجات حرارة عالية .

تتنوع سبائك الحديد حسب المواد المضافة له وذلك كما يلي :-

● سبائك حديدية

السبائك الحديدية عبارة عن سبائك يكون فيها فلز الحديد الفلز الأم مع مضافات أخرى وهي تنقسم إلى مجموعتين أساسيين هما الفولاذ وحديد الزهر ويوجد نوعان أساسيان من الفولاذ هما الفولاذ الكربوني ، والفولاذ السبائكي ، فضلاً عند ذلك ينقسم الفولاذ السبائكي إلى عدة أنواع طبقاً لنوع العنصر السبائكي المضاف ، والتركيب البنائي الداخلي . وقد تم التطرق إلى كل هذه الأنواع من السبائك داخل هذا العدد . ضمن مقال السبائك .

● سبائك فلزو حديدية

السبائك الفلزو حديدية (Meltalic Ferro Alloys) هي سبائك لفلزات أخرى يضاف إليها فلز الحديد لتحسين صفاتها ، ويوضح الجدول (٢) بعض تلك السبائك وأهم مكوناتها.

السبيكة	المكونات (٪)
كالسيوم - سيليكون	٢٨-٣٥ كالسيوم ٦٠-٦٥سيليكون ٦ حديد
كالسيوم - سيليكون - ألمنيوم	١٥-٢٥ كالسيوم ١٠-٤٠ ألمنيوم ٣٥-٥٠ سيليكون
كالسيوم - سيليكون - باريوم	١٥-٢٠ كالسيوم ١٤-١٨ باريوم ٥٥-٦٠ سيليكون
كالسيوم - سيليكون - مغنيسيوم	٢٥-٣٠ كالسيوم ١٠-١٥ مغنيسيوم ٥٠-٥٥ سيليكون
كالسيوم - مغنيسيوم - سيليكون	١٦-٢٠ كالسيوم ١٤-١٨ زركونيوم ٥٨-٥٩ سيليكون
حديد - بورون	١٢-٢٤ بورون
حديد - موليبدنوم	٦٢-٧٠ موليبدنوم
حديد - تيتانيوم	٢٠-٧٥ تيتانيوم
كالسيوم - سيليكون - زركونيوم	١٥-٢٠ كالسيوم ١٥-٢٠ زركونيوم ٥٠-٥٥ سيليكون
حديد - نيكل	٢٠-٦٠ نيكل
حديد - سيليكون	٨-٩٥ سيليكون
حديد - تنجستين	٧٠-٨٥ تنجستين
حديد - فانيديوم	٣٥-٨٠ فانيديوم

● جدول (٢) أهم السبائك الفلزو حديدية.

مركبات الحديد

للحديد عدة مركبات أهمها ما يلي :ـ

أكاسيد الحديد

تنقسم أكاسيد الحديد إلى ثلاثة أنواع هي :

* **أكسيد الحديد الثنائي (FeO) :** وهو أكسيد قاعدي أسود اللون لايذوب في الماء أو القلويات بل يذوب في الأحماض مشكلاً الأملاح الموافقة لدرجة الأكسدة (+٢) .

* **أكسيد الحديد الثلاثي (Fe_2O_3) :** وهو مادة حمراء اللون يمكن تحضيرها بطرد الماء من ماءات الحديد بالتسخين وتستعمل صبغاً معدنياً .

* **أكسيد الحديد المغناطيسي (Fe_3O_4) :** وينتج من تسخين الأكسيد الثلاثي (Fe_2O_3) إلى درجة حرارة ٢٠٠٠ ْم .

ماءات الحديد

ماءات الحديد نوعان هما :

* **ماءات الحديد الثنائي $Fe(OH)_2$:** وهي ماءات قاعدية بيضاء اللون لاتذوب في الماء أو القواعد وتذوب في الأحماض ، وتتأكسد بسهولة متحولةً إلى $Fe(OH)_3$ فيتحول لونها تدريجياً من الأبيض إلى الأحمر مروراً باللون الأخضر .

* **ماءات الحديد الثلاثي $Fe(OH)_3$:** وهي مركب موجود في العديد من الفلزات الطبيعية ، وتتمتع بعدة أشكال بلورية تبعاً لشروط تحضيرها . كما أنها تتمتع بخصائص قاعدية وحامضية ضعيفة .

أملاح الحديد

تتشكل أملاح الحديد في صورة مركبات مختلفة أهمها ما يلي :ـ

* **كبريتات الحديد الثنائي ($FeSO_4.7H_2O$) :** وتحضر من تفاعل الحديد مع حامض الكبريت المخفف ، وتشكل أملاحاً مضاعفة أو معقدات صيغتها العامة $A_2[M(SO_4)_2].6H_2O$ حيث A معدن قلوي أو أيون أمونيوم ، ومن أمثلة كبريتات الحديد الثنائي ملح مور $(NH_4)_2[Fe(SO_4)_2].6H_2O$ المستخدم في التحليل الكيميائي .

* **كبريتات الحديد الثلاثي $Fe_2(SO_4)_3$:** وهي عبارة عن مسحوق أبيض في الحالة غير المميهة ، وتتبلور مع ٣ و ٦ و ٧ و ٩ و ١٠ و ١٢ جزيء ماء ، وتشكل هذه الكبريتات أملاحاً مضاعفة مثل أملاح الشب عديمة اللون التي من أهمها الملح $NH_4[Fe(SO_4)_2].12H_2O$.

* **سيانيد الحديد الثنائي $Fe(CN)_2$:** وهو مركب ذو لون أصفر ضارب إلى البني ، يذوب في زيادة من محلول سيانيد البوتاسيوم (KCN) مكوناً معقد $K_4[Fe(CN)_6].3H_2O$ أصفر اللون .

اقتصاديات الحديد

يعد الحديد الزهر المادة الخام الأساس لصناعة الحديد التجاري والفولاذ . ويتطلب إنتاج كل طن من الفولاذ ٧٠٠ كيلو جراماً من الحديد الزهر بالإضافة إلى نفاية الحديد والمواد المساعدة على الصهر .

وقد وصل إنتاج العالم من الحديد الزهر عام ١٩٨٨م إلى ٥٣٢ مليون طن نتجت عن ٩٦٠ مليون طن من خام الحديد . وأنتجت المجموعة الأوربية بمفردها ٩٣,٧ مليون طن من الحديد الزهر في تلك السنة ، وذلك باستخدام ١٤٢ مليون طن من الخام والمُلَبَّد مع ٤٤ مليون طن من الكوك .

وترتبط عوامل التكلفة الرئيسية لصناعة الحديد الزهر بالمواد الخام (٤١٪)، والوقود (٣٤٪) ، وعملية التصنيع (٢٥٪). وهناك توجهات قوية للتقليل من متطلبات المادة الخام والطاقة وتكاليف الاستثمار وذلك باستغلال المواد الخام الأكثر اقتصادية ، وتحسين المعدات المستخدمة لمعالجة ونقل الخام ، وتحسين عمليات تحضير شحنة الفرن من ناحية تصنيف الخامة وتلبيدها وتحبيبها ، وخفض استهلاك الوقود المستخدم في عمليات الإرجاع وزيادة التنوع فيه . وبالفعل انخفض استهلاك الوقود في العشرين سنة الأخيرة بمقدار ٢٠٪ ، وعلى الرغم من أن الكوك لايزال المصدر الرئيس للوقود ، فقد ازداد استخدام فحم منخفض التكلفة منذ عام ١٩٨٦م كبديل للكوك .

صناعة الحديد في المملكة

سُجل تواجد مركزات أكسيد الحديد في بيئات جيولوجية كثيرة ومختلفة من المملكة، يصل عددها إلى ١٥٠ موقعاً ، إلا أن معظمها صغير الحجم ، والمواقع الوحيدة التي تتميز بموارد كبيرة هي من نوع أحجار الحديد السرئية (Oolitic iron stones) في الأفلاج ووادي فاطمة ، وتشكيل الحديد في وادي صواوين (Sawawin) ، والمجنيتيت الموزع في جبل إدساس (Idsas) . كما تم اكتشاف مواقع كبيرة من البيريت (كبريتيد الحديد) في وادي وَسَط (Wassat) ، أو من بيريت حاو على النيكل في وادي قطن (Qatan) ، إلا أن المعادن الأخيرة ليست ذات أهمية تجارية في الوقت الحاضر . ويعد وادي الصواوين الموقع الوحيد الذي يصلح للاستثمار لضخامة موارده ، ولقابليته للتحسين بالتركيز حسب الوزن ولقربه من شاطيء البحر الأحمر .

يوجد في المملكة العربية السعودية مصنعين للحديد تابعين لشركة الصناعات الأساسية سابك هما الشركة السعودية للحديد والصلب (حديد) في الجبيل ، وشركة درفلة الصلب في جدة . وتعد شركة حديد أكبر منتج للصلب في منطقة الشرق الأوسط حيث يبلغ إنتاجها حالياً حوالي ٢,٧ مليون طن متري/سنوياً من قضبان التسليح والمقاطع الخفيفة . وتستخدم خامات الحديد وغاز وخردة حديد الصلب كمواد أولية في هذا المصنع .

استخدامات الحديد

يستخدم الحديد في العديد من الصناعات أهمها مايلي :ـ

- قاطرات وقضبان السكك الحديدية .
- الكباري والأنفاق .
- السيارات والطائرات والسفن .
- الآلات والمعدات الثقيلة .
- تشييد المباني والمنشآت .
- أبراج خطوط كهرباء الضغط العالي .
- المفاعلات النووية .
- الخزانات والمواسير .
- المواد الكيميائية.
- المولدات.



يعد الألمنيوم من أكثر العناصر الفلزية انتشاراً في القشرة الأرضية حيث يشكل حوالي ٠,١٣٪ وزناً من تركيبها ، ونظراً لنشاطه الكيميائي فإنه لايوجد في الطبيعة على شكل عنصر حر إنما يوجد في صورة مركبات متنوعة متحداً مع الأكسجين ، والسيليكون ، والعناصر القلوية ، والقلوية الترابية ، والفلور ، والهيدروكسيدات ، والكبريتات، والفوسفات.

وتتميز المعادن الألومينية بأنها ثابتة جداً وتحتاج إلى درجات حرارة عالية لاختزالها إلى فلز الألمنيوم.

يشكل الألمنيوم معادن عديدة أهمها هيدريدات الأكاسيد (مثل البوكسيت الذي يعد المادة الخام الأساس لإنتاج فلز الألمنيوم)، والكريولايت (يعد من أهم المركبات الهالوجينية للألمنيوم) ، والشبَّة (كبريتات الألمنيوم) وهي من مركبات الألمنيوم المألوفة وعرفت قديماً لدى المصريين واليونان والرومان ، وحُضر منها عام ١٧٤٦م أكسيد الألمنيوم الذي كان يعرف في ذلك الوقت بالألومينا ، إلا أنه نظراً لشدة ألفة الألمنيوم للأكسجين في أكسيد الألمنيوم فإن العلماء لم يستطيعوا إختزال الأكسيد بأي عامل من عوامل الأختزال المعروفة.

الخواص الفيزيائية

الألمنيوم عبارة عن فلز لين قابل للطرق والسحب ، وتعتمد معظم خواصه الفيزيائية ، جدول (١) - بالدرجة الأولى - على درجة نقاوته التي أمكن تصنيفها إلى أربعة أنواع يوضحها الجدول (٢).

الخواص الكيميائية

يعد الألمنيوم فلز غير نشط كيميائياً وذلك لتشكل طبقة رقيقة جداً على سطحه من أكسيد الألمنيوم ، إلا أنه يتحد مباشرة مع الأكسجين والنيتروجين والهالوجينات عند تسخينه إلى درجات حرارة عالية ، ويتفاعل مع حامض كلور المركز ليشكل كلوريد الألمنيوم والهيدروجين. كما يتفاعل الفلز مع محلول من هيدروكسيد الصوديوم ويحرر الهيدروجين ، ولايتفاعل مع حامض الكبريت المخفف بينما يتفاعل مع المركز منه ويشكل كبريتات الألمنيوم وغاز ثاني أكسيد الكبريت.

الخاصية	القيمة
درجة الإنصهار	٦٦.٥°م
درجة الغليان	٢٤٩٤°م
حرارة الإنصهار	٣٩٧ جول / جرام
السعة الحرارية	٠.٩ جول/ جرام . كلفن
الكثافة (صلب)	٢٦٩٩ كجم/م٣
الكثافة (سائل)	٢٣٥٧ كجم/م٣عند ٧٠٠°م
معامل التمدد	٢٣ × ١٠⁻٦/كلفن عند ٢٠°م
الناقلية الحرارية	٢,٣٧ واط / سم كلفن عند ٢٥°م
التوتر السطحي	٨,٦٨×١٠⁻٣نيوتن/سم عند درجة الإنصهار
اللزوجة	٠,٠٠١٢ باسكال/ ثانية عند درجة الإنصهار

● جدول (١) أهم الخواص الفيزيائية للألمنيوم.

طرق الإنتاج

مرت صناعة فلز الألمنيوم منذ اكتشاف معادنه بأربع مراحل هي :-

● المرحلة الأولى

تمكن أحد الباحثين عام ١٨٠٨م من تحرير فلز الألمنيوم جزئياً من معادنه ، عندما استطاع عزل كميات قليلة من سبيكة المنيوم - حديد (Al-Fe) بواسطة طرق كيميائية كهربائية وحرارية كهربائية ، وقد سميت تلك السبيكة آنذاك بالألمنيوم.

وفي عام ١٨٢٥م تمكن باحث آخر من الحصول على الألمنيوم بنقاوة عالية بتأثير ملغمة البوتاسيوم على كلوريد الألمنيوم اللامائي مع التخلص من الزئبق من المنتج بالتقطير ، إلا أنه لم يستطع تحديد خواص المعدن الجديد بل ذكر أن الألمنيوم ذو لون وبنية تركيبية تشبه القصدير. وفي عام ١٨٢٧م تمكن باحث آخر من الحصول على كمية قليلة من الألمنيوم على شكل مسحوق رمادي وذلك من خلال تسخين البوتاسيوم الفلزي مع كلوريد الألمنيوم اللامائي وفق التفاعل التالي :

$$AlCl_3 + 3K \rightleftharpoons Al + 3KCl$$

وفي عام ١٨٤٥م تم الحصول على الألمنيوم من تمرير بخار كلوريد الألمنيوم في مصهور البوتاسيوم ، وكان المنتج على شكل حبيبات تزن الواحدة منها حوالي من ١٢ ملجم ، وقد تم تحديد كثافته وناقليته وليونته ونقطة انصهاره . ومن هنا بدأ التفكير في الإنتاج الصناعي للألمنيوم.

نقاوة الألمنيوم (٪)	تصنيفها
< ٩٩,٥	خليط أو خردة
٩٩,٥ – ٩٩,٩	تجارية
٩٩,٩ – ٩٩,٩٩	عالية
< ٩٩,٩٩	عالية جداً

● جدول (٢) نقاوة الألمنيوم (٪) وتصنيفها

● المرحلة الثانية

أُنشئت أول وحدة تجارية لإنتاج الألمنيوم في فرنسا عام ١٨٥٤م حيث استخدم فيها الصوديوم كمادة اختزال بدلاً من البوتاسيوم وكان الفلز الناتج غير نقي حيث بلغت نسبة الألمنيوم فيه ٩٢٪، والباقي شوائب من السيليكون والحديد.

تطورت في هذه المرحلة صناعة الألمنيوم حيث بدء إستخدام رباعي كلورو ألومينات الصوديوم (Na_3AlCl_4) بدلاً من ثلاثي كلوريد الألمنيوم وبلغت نسبة نقاوة الألمنيوم الناتج حوالي ٩٦٪، كما استخدمت بعض الطرق الأخرى مثل الكريولايت مع فلز الصوديوم أو المغنيسيوم كعامل اختزال للحصول على الألمنيوم وفق التفاعل التالي:

$$2Na_3AlF_6 + 3Mg \longrightarrow 2Al + 3MgF_2 + 6NaF$$

بدأ الانتاج التجاري للفلز بهذه الطريقة في عام ١٨٩٠، وبلغت نقاوة الألمنيوم (٩٣٪) مع نسبة من الشوائب تتراوح بين (٥-٧٪) من السيليكون، و (١-٢٪) من الحديد و (٠,١-٠,٣٪) من المغنيسيوم.

● المرحلة الثالثة

طورت في هذه المرحلة طريقة صناعية تعرف بطريقة **هول هيراولت (Hall- Heroult)**، لإنتاج معدن الألمنيوم بواسطة التحليل الكهربائي لمحلول من مصهور الألومينا في الكريولايت، وتعد هذه الطريقة أكثر استخداماً في الوقت الحاضر لإنتاج الألمنيوم على المستوى الصناعي.

يستخدم في طريقة **هول هيراولت** عدة مواد خام أهمها الكربون وأكسيد الألمنيوم (الألومينا)، والكريولايت الذي يعد وجوده ضرورياً جداً وذلك لإذابة الألومينا.

يحتوي الكريولايت على حوالي (٤-٨٪) من فلوريد الكالسيوم، و (٥-١٥٪) من فلوريد الألمنيوم، و (١-٦٪) من الألومينا كما ويحتوي في بعض الأحيان على فلوريد الليثوم (٠-٥٪).

ونظراً لندرة الكريولايت الطبيعي في الوقت الحاضر، فقد بدء بإنتاجه صناعياً من تفاعل حامض فلوريد الهيدروجين مع محلول من ألومينات الصوديوم القلوية وذلك وفق التفاعل التالي:

$$6HF + 2NaOH + NaAlO_2 \longrightarrow Na_3AlF_6 + 4H_2O$$

كما يمكن إنتاج الكريولايت مباشرة في خلية الإختزال أثناء تصنيع الألمنيوم وذلك بإضافة فلوريد الألمنيوم إلى شوائب اكسيد الكالسيوم في لقيم الألومينا كما في التفاعل التالي:

$$3Na_2O + 4AlF_3 \longrightarrow 2Na_3\,AlF_6 + Al_2O_3$$

ويتم إخراج الكريولايت الناتج من التفاعل أعلاه من الخلايا الكهربائية على فترات.

تجري العملية الصناعية للحصول على فلز الألمنيوم في خلية تعرف بخلية **(هول هيراولت)** التي يوجد منها نوعان، شكل (١)، حيث يستخدم في النوع الأول (أ)، أقطاب موجبة (مصعد) من الكربون تم شيها مسبقاً (Prebaked Carbon Anodes)، بينما يستخدم في النوع الثاني (ب)، مصعد سودر برج (Soderberg anodes). ويتراوح طول الخلايا عامة من (٩-١٢متر)، وعرضها (٣-٤متر)، وارتفاعها (١-١,٢متر)، ويحيط بها عازل حراري للتحكم بالحرارة المفقودة.

يتم تغذية الخلية بالألومينا النقية والكريولايت حيث يرسب التيار الكهربائي الألمنيوم المصهور في فجوة الخلية المبطنة بالكربون كما هو مبين بالشكل (١)، ويتوضع الأكسجين الناتج عن التحليل الكيميائي للألومينا على مصعد الكربون المغمور في الإلكتروليت.

● المرحلة الرابعة

طُورت في العقدين الماضيين طرق أخرى للحصول على فلز الألمنيوم من أهمها ما يلي:

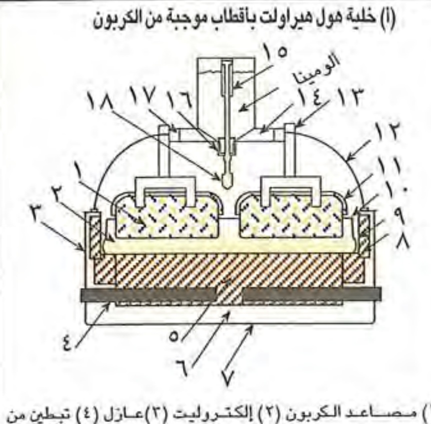
* **طريقة بيشني (Pechiney)** وتتم وفق الخطوات الثلاث التالية:

- إنتاج الألومينا من الخام الألوميني، واختزالها - بكمية معينة من الكربون عند درجات حرارة تتراوح ما بين ٢١٠٠°م إلى ٢٢٠٠°م - إلى مزيج مكون من مزيج (Al_2O-Al)، وأول أكسيد الكربون (CO) الذي يتم التخلص منه بواسطة التقطير.
- تفاعل مزيج (Al_2O-Al) مع كمية زائدة من الكربون عند درجة حرارة تتجاوز ١٦٠٠°م حيث يتشكل كربيد الألمنيوم (Al_4C_3).
- تفكيك كربيد الألمنيوم إلى الألمنيوم والكربون عند درجات حرارة ٢٠٠٠°م وضغط ٠,٥مم زئبق، وفقاً للمعادلة التالية:

$$Al_4C_3 \xrightarrow{2000^\circ C} 4Al + 3C$$

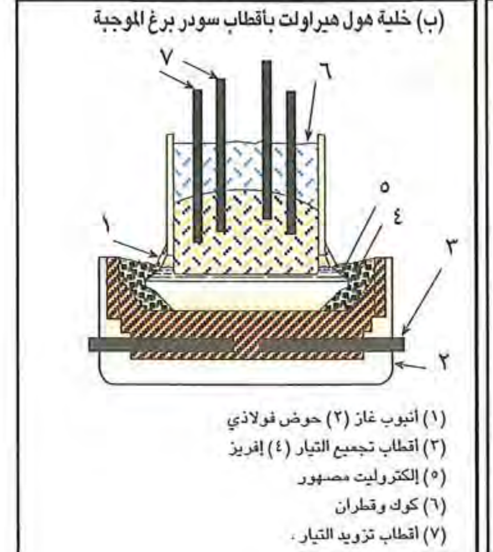
* **طريقة توث (Toth)** وتتميز بأن الطاقة المستخدمة فيها تقل بحوالي ٥٪ عن الطاقة المستخدمة في طريقة هول هيراولت، كما أنه يمكن إستخدام مواد أولية رخيصة تحتوي على ٣٠-٤٠وزناً٪ من أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) مثل الكادلين (Cadline)، واللابرادوريت (Labradorite)، والبوكسيت (Bauxite)، فضلاً عن الاستفادة من

(أ) خلية هول هيراولت بأقطاب موجبة من الكربون



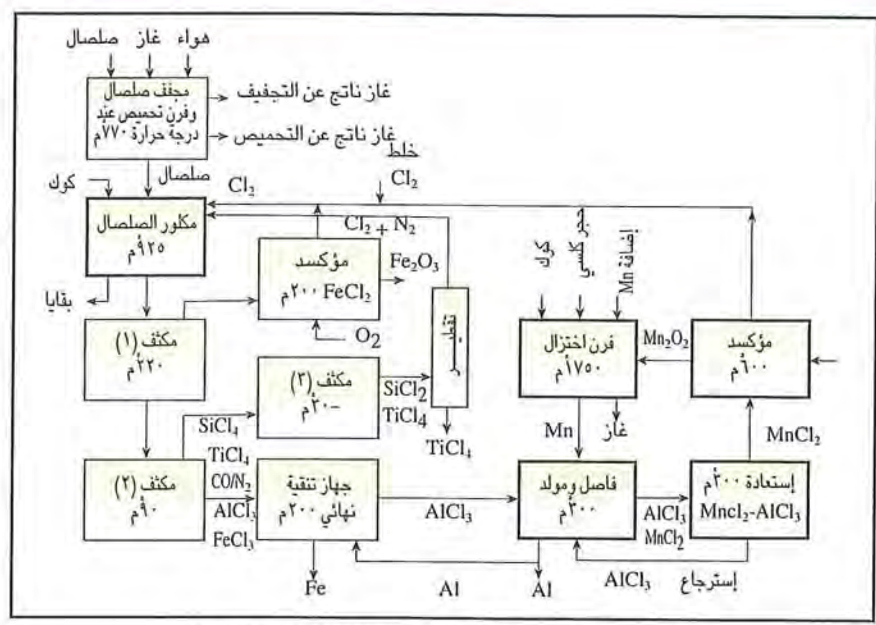
(١) مصاعد الكربون (٢) إلكتروليت (٣) عازل (٤) تبطين من الكربون (٥) قضيب تجميع التيار (٦) عازل حراري (٧) وعاء فولاذي (٨) قالب من الكربون (٩) إفريز (١٠) قشرة (١١) غطاء من الألومينا (١٢) غطاء يمكن إزالته (١٣) قضبان المصعد (١٤) قسم تجميع الأبخرة (١٥) اسطوانة هواء (١٦) مغذي (١٧) مزود تيار (١٨) قاطع القشرة.

(ب) خلية هول هيراولت بأقطاب سودر برغ الموجبة



(١) أنبوب غاز (٢) حوض فولاذي
(٣) أقطاب تجميع التيار (٤) إفريز
(٥) إلكتروليت مصهور
(٦) كوك وقطران
(٧) أقطاب تزويد التيار.

● شكل (١) مخطط خلية هول - هيراولت.



● شكل (٢) مخطط طريقة توث لإنتاج الألمنيوم من الألومينا.

الشوائب مثل أكسيد السيليكون (SiO_2)، وأكسيد الحديد (Fe_2O_3)، وأكسيد التيتانيوم (TiO_2)، وأكسيد الصوديوم (Na_2O) في مجالات أخرى.

تعتمد طريقة توث على اختزال كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) بواسطة المنجنيز، وتتضمن أربع مراحل رئيسية، شكل (٢)، هي مايلي:

ـ الحصول على كلوريد الألمنيوم من الألومينا عند درجة حرارة ٩٢٥ْم وذلك وفق التفاعل التالي:

$$Al_2O_3\,(in\,Clay) + 3C + 3Cl_2 \xrightarrow{925^{\circ}C} 2AlCl_3 + 3CO$$

ـ اختزال كلوريد الألمنيوم بواسطة المنجنيز عند درجة حرارة ٢٣٠ْم وضغط ٤مم. زئبق وفق التفاعل التالي:

$$2AlCl_3 + 3Mn \xrightarrow{230^{\circ}C} 2Al + 3MnCl_2$$

ـ الحصول على أكسيد المنجنيز، لإسترجاع المنجنيز وذلك كما يلي:

$$2MnCl_2 + O_2 \xrightarrow{600^{\circ}C} 2MnO + 2Cl_2$$

ـ استرجاع المنجنيز عن طريق اختزال اكسيد المنجنيز بواسطة الكربون وفقاً للتفاعل التالي:

$$MnO + C \xrightarrow{1750^{\circ}C} Mn + CO$$

ويمكن جمع تفاعلات الخطوات الأربع السابقة في التفاعل التالي:ـ

$$2Al_2O_3(in\,Clay) + 3O_2 + 12C \longrightarrow 4Al + 12CO$$

* **طريقة كوشران (Cochran)**: وتتم على خطوتين هما:ـ

ـ إختزال الألومينا بواسطة الكربون عند درجة حرارة ٢٠٥٠ْم كما يلي:

$$2Al_2O_3 + 9C \xrightarrow{2050^{\circ}C} Al_4C_3 + 6CO$$

ـ اختزال أكسيد الالمنيوم بواسطة كربيد الألمنيوم المتشكل في الخطوة الأولى عند درجة حرارة ٢١٠٠ْم وفقاً للتفاعل التالي:ـ

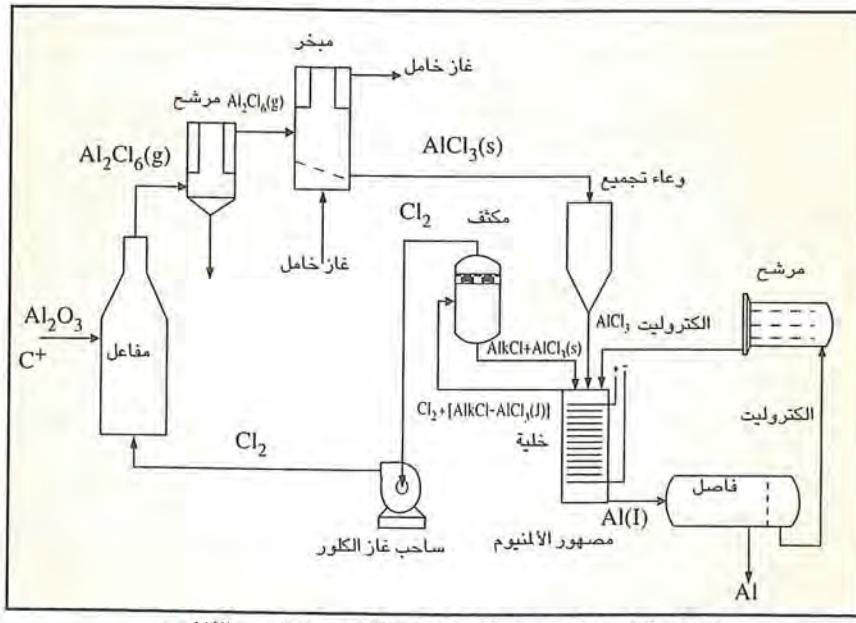
$$Al_2O_3 + Al_4C_3 \xrightarrow{2100^{\circ}C} 6Al + 3CO$$

* **طريقة ألكو (Alcoa)**: وهي طريقة استنبطت بواسطة شركة الألمنيوم الأمريكية (Aluminium Company of America) وتتميز بقلة تكلفتها مقارنة بطريقة **هول هيراولت**، حيث تتم باستخدام درجات حرارة منخفضة مما يوفر طاقة تصل إلى حوالي ٣٠٪ من إجمالي الطاقة الكهربائية المستخدمة كما أنها لاتحتاج إلى إستهلاك مصعد كربوني.

تعتمد طريقة **ألكو** على التحليل الكهربائي لمزائج من الكلوريدات المنصهرة مثل كلوريد الألمنيوم (٥٪)، وكلوريد الصوديوم (٥٣٪)، وكلوريد الليثيوم (٤٠٪)، وكلوريد المغنيسيوم (٠,٥٪)، وكلوريد البوتاسيوم (٠,٥٪)، وكلوريد الكالسيوم (١٪)، وزناً، ويبين الشكل (٣) طريقة **ألكو** للتحليل الكهربائي لكلوريد الألمنيوم والتي تتم على مرحلتين متتاليتين هما:

ـ مزج الألومينا مع مسحوق الكربون النقي وكلورة المزيج في مفاعل عند درجات حرارة تتراوح مابين ٧٠٠ إلى ٩٠٠ْم، ثم ينقى كلوريد الألمنيوم الناتج وذلك بإمراره من خلال مرشحات ـ قبل إعادة تصعده (Resublimation) ـ في غاز خامل ونقله إلى وعاء التخزين، كما تنقى الكلوريدات الأخرى التي تستخدم في التحليل كإلكتروليتات (Electrolytes) قبل إدخالها إلى الخلية من غاز الكلور الذي يعاد تدويره مرة أخرى إلى مفاعل الكلورة، وتوضح المعادلة التالية التفاعل الكلي الذي يجري في هذه المرحلة:

$$2Al_2O_3 + 3C + 6Cl_2 \longrightarrow 4AlCl_3 + 3CO_2$$



● شكل (٣) مخطط طريقة ألكو لإنتاج الألمنيوم من كلوريد الألمنيوم.

ـ التحليل الكهربائي لكلوريد الألمنيوم الناتج عن المرحلة الأولى في خلايا خاصة، شكل (٤)، حيث يتم التسخين بواسطة مسخنات فولاذية لدرجة حرارة ٧٠٠ْم ثم يجمع فلز الألمنيوم النا تج في حوض مبطن بالجرانيت في قاع الخلية.

مركبات الألمنيوم

يشكل الألمنيوم عدة مركبات هامة منها ما يلي :ـ

هاليدات الألمنيوم

تصنف هاليدات الألمنيوم إلى المركبات التالية :ـ

* **فلوريد الألمنيوم (AlF3) :** ويحضر بالتفاعل المباشر بين الألمنيوم والفلور، ويعد من الهاليدات الأيونية الوحيدة للألمنيوم، وهو قابل للذوبان بسهولة في الماء.

* **كلوريد الألمنيوم (AlCl3) :** ويحضر بإمرار غاز الكلور أو كلوريد الهيدروجين فوق الألمنيوم الساخن تحت ظروف لامائية أو في جو جاف، وفقاً للتفاعلين التاليين :ـ

$$Al + 3/2\, Cl_2 \longrightarrow AlCl_3$$

$$2Al + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$$

يتشكل كلوريد الألمنيوم على هيئة مادة صلبة بيضاء اللون عندما تكون نقية، وتتسامى (تتصعد) عند درجة حرارة حوالي ١٨٠ْم، ويتفاعل بعنف مع الماء ناشراً كمية كبيرة من الحرارة كما في التفاعل التالي :

$$AlCl_3 + 6H_2O \longrightarrow [Al(H_2O)_6]^{3+}(Cl)^{-3}$$

يستخدم كلوريد الألمنيوم بصفة أساس كمادة محفزة في بعض الصناعات العضوية والبتروكيميائية كما في تفاعلات **فريدل ـ كرافت** كالألكلة والأسيلة.

* **بروميد الألمنيوم (Al_2Br_6) ويوديد الألمنيوم (Al_2I_6) :** ويشبهان كلوريد الألمنيوم في خواصهما واستخداماتهما.

أكسيد الألمنيوم

يوجد أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) في الطبيعة على شكل بوكسيت (يحتوي على شوائب قليلة من أكسيد الحديد الثلاثي والسيليكا)، ويعد هذا الأكسيد مادة مذبذبة ـ عندما يكون نقياً ـ حيث يتفاعل مع الأحماض المخففة والقلويات القوية معطياً الأملاح كما في التفاعلين التاليين :

$$Al_2O_3 + 6H^+ \longrightarrow 2Al^{3+} + 3H_2O$$

$$Al_2O_3 + 2OH^- + 3H_2O \longrightarrow 2Al(OH)^{-4}$$

يستخدم أكسيد الألمنيوم في نزع الماء من الكحولات للحصول على الألكينات، وذلك كما يلي :ـ

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[300^\circ C]{Al_2O_3} CH_2 = CH_2 + H_2O$$

كما يستخدم الأكسيد على شكل مسحوق في الأعمدة الكروماتوغرافية لعمليات الفصل مثل فصل الكلوروفيلات وغيرها.

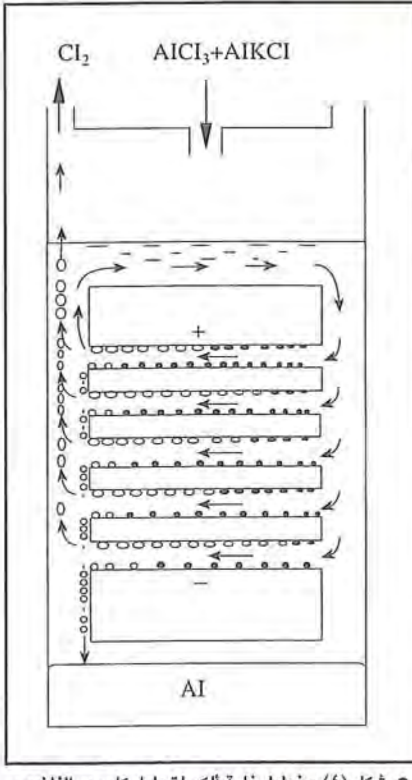
هيدروكسيد الألمنيوم

يتشكل هيدروكسيد الألمنيوم $[Al(OH)_3]$ من تفاعل محلول هيدروكسيد الأمونيوم مع محلول آخر يحتوي على أيونات الألمنيوم كمادة التفاعل التالي :

$$Al_3^+ + 3OH^- \longrightarrow Al(OH)_3$$

يتميه هيدروكسيد الألمنيوم بسهولة، ولذلك يستخدم في صناعة صبغ الأقمشة والنسيج والألياف القطنية وغيرها.

كبريتات الألمنيوم



● شكل (٤) مخطط خلية ألكو لتحليل كلوريد الألمنيوم.

تحضر كبريتات الألمنيوم $Al_2(SO_4)_3 18H_2O$ من تفاعل هيدروكسيد الألمنيوم مع حامض الكبريت المركز وذلك كما يلي :

$$2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O$$

تعطي كبريتات الألمنيوم تفاعل حامضي مع محلول مائي مشكلة هيدروكسيد الألمنيوم، الذي يستخدم ـ كما ذكر أعلاه ـ في عمليات صباغة النسيج. كما تستخدم لمعالجة مياه الصرف الصحي.

الشبَّة (الألوم)

تتشكل الشبَّة $(KMAl(SO_4)_2.12H_2O)$ عند تبلور محلول ما يحتوي على أيونات البوتاسيوم والألمنيوم والكبريتات مع ملاحظة أن (M) تمثل الجذر المستبدل من البوتاسيوم والألمونيوم، وتحتوي المادة الصلبة منها على أيونات كل من $[K(H_2O)_6]^+$ و $[Al(H_2O)_6]^{3+}$ و $(SO_4)^{2-}$.

يمكن تحضير أنواع عديدة من الشبَّة وذلك بإستبدال ذرة البوتاسيوم بجذر الأمونيوم (NH_4^+) أو بإستبدال ذرة الألمنيوم ثلاثية التكافؤ بأية ذرة معدنية أخرى ثلاثية التكافؤ من العناصر الانتقالية ـ لها تقريباً نفس الحجم الذري ـ مثل التيتانيوم (Ti) والكروم (Cr) والمنجنيز (Mn) والحديد (Fe) والكوبالت (Co).

مركبات أخرى

هناك عدة مركبات أخرى للألمنيوم من أهمها ما يلي :

* **هيدريد الألمنيوم (AlH_3) وهيدريد ألمنيوم الليثيوم :** حيث يتشكل الأول عند معالجة هيدريد اللثيوم مع كمية زائدة من كلوريد الألمنيوم في محلول من الإيثر كما في التفاعل التالي :

$$3LiH + AlCl_3 \longrightarrow AlH_3 + 3LiCl$$

بينما يتشكل الثاني عند معالجة هيدريد الليثيوم بكلوريد الألنيوم في الإيثر وفقاً للتفاعل التالي :ـ

$$4LiH + AlCl_3 \longrightarrow LiAlH_4 + 3LiCl$$

يستخدم هيدريد ألمنيوم الليثيوم في الكيمياء العضوية وذلك لإختزال الأحماض الكربوكسيلية إلى كحولات، ونظراً لعدم قابليته لإختزال الرابطة المضاعفة بين ذرتي الكربون فإنه يستخدم كعامل أختزال انتقائي لإختزال الألدهيدات غير المشبعة

إلى كحولات غير مشبعة وذلك كما يلي :

* ثلاثي إيثيل الألمنيوم $Al(C_2H_5)_3$: ويحضر بتسخين مسحوق الألمنيوم والإيثان والهيدروجين تحت ضغط مرتفع كما في التفاعل التالي :

$$2Al + 6C_2H_4 + 3H_2 \longrightarrow 2Al(C_2H_5)_3$$

يستخدم ثلاثي إيثيل الألمنيوم مع التيتانيوم رباعي التكافؤ كمادة محفزة في الصناعة وذلك لتحويل الإيثيلين إلى بولي إيثيلين ، كما أنه يستخدم كمادة محفزة في عملية بلمرة البروبين إلى بولي بروبلين .

سبائك الألمنيوم

نظراً لما يتصف به الألمنيوم من ليونه عالية ، وضعف مقاومة للشد أو السحب ، فإنه لايستخدم في كثير من التطبيقات أو الاستخدامات الصناعية بمفرده بل يستخدم على شكل سبائك مع معادن أخرى، وذلك لتحسين بعض خواصه الميكانيكية مثل مقاومته للشد والإجهاد وقابليته للتشكل أو القولبة ، ومن أهم سبائك الألمنيوم مايلي :

● سبائك الألمنيوم عالية النقاوة

تمتاز سبائك الألمنيوم عالية النقاوة بمقاومتها العالية للتآكل ، وسهولة تشكلها وسحبها ، وتبلغ نقاوة الألمنيوم بها ٩٩,٩٩٪ إضافة إلى شوائب من النحاس والحديد والسيليكون لاتزيد نسبتها عن ٠,١٪ .

تستخدم سبائك الألمنيوم عالية النقاوة في صناعة مواد التغليف والألواح وبعض أنواع الأجهزة والمعدات والأدوات الكهربائية .

● سبائك الألمنيوم ـ نحاس

تصل نسبة النحاس في سبائك الألمنيوم ـ نحاس إلى حوالي ٧,٠٪ ، مع نسبة ضئيلة جداً من الحديد والسيليكون ، وتتميز هذه السبائك بقابليتها للطرق والمعالجة الحرارية ، كما أنها تتمتع بخصائص ميكانيكية جيدة مثل مقاومتها للتآكل الاجهادي ، والصدمات ، والشد ، ولذلك تستخدم في صناعة خزانات الوقود وتخزين الغاز المسيَّل المستخدم في الصواريخ والمركبات الفضائية .

● سبائك الألمنيوم ـ نحاس ـ مغنيسيوم

تحتوي سبائك الألمنيوم ـ نحاس ـ مغنيسيوم على نسبة مختلفة من النحاس تصل إلى ١٠٪ ، مع مغنيسيوم ٢,٠٪ ، وتمتاز مثل هذه الأنواع من السبائك بمقاومة وصلادة عالية حيث يساعد كل من النحاس والمغنيسيوم في رفع مقاومة السبيكة أثناء تصلدها مع الزمن .

تستخدم سبائك الألمنيوم ـ نحاس ـ مغنيسيوم في صناعة الطائرات والسيارات، ومكابس (Pistons) محركات الإحتراق الداخلي .

● سبائك الألمنيوم ـ زنك ـ مغنيسيوم

تتراوح نسبة الزنك في سبائك الألمنيوم ـ زنك ـ مغنيسيوم بين ٤٪ إلى ٨٪ ، والمغنيسيوم بين ١٪ إلى ٣٪، ويساعد كل من الزنك والمغنيسيوم على رفع درجة مقاومة السبيكة . وتمتاز هذه الأنواع من السبائك بمقاومة متوسطة ، وقابلية جيدة للحام ، وتصلد شديد عند درجة حرارة الغرفة ، ولهذا تستخدم في صناعة عربات القطارات والسيارات والشاحنات والجسور المتحركة .

● سبائك الألمنيوم ـ زنك ـ مغنيسيوم ـ نحاس

تمتاز سبائك الألمنيوم ـ زنك ـ مغنيسيوم ـ نحاس بقابليتها للطرق والمعالجة الحرارية ، وبمقاومة عالية للشد والاستطالة عند درجات حرارة مختلفة ، ولهذا تستخدم أنواع من هذه السبائك في صناعة أجزاء بعض وسائل النقل كالسيارات والطائرات والقطارات وبعض سلع المنشآت.

● سبائك الألمنيوم ـ مغنيسيوم ـ سيليكون

تتراوح نسبة المغنيسيوم في سبائك الألمنيوم ـ مغنيسيوم ـ سيليكون بين ٠,٦٪ إلى ١,٢٪ ، والسيليكون بين ٠,٤٪ إلى ١,٣٪ ، وتمتاز بسهولة طرقها ومعالجتها الحرارية ، ولذا فإنها تستخدم في العديد من الصناعات مثل صناعة الألواح والأسلاك والقضبان والموصلات الكهربائية وأجسام الشاحنات وعربات القطارات .

● سبائك أخرى

هناك عدة سبائك أخرى للألمنيوم تختلف في خواصها الميكانيكية والكيميائية عن السبائك المذكورة أعلاه حيث أنها تتميز بقابليتها للصب ـ في الرمل أو قوالب ذات أشكال معينة ـ إلا أنها غير قابلة للطرق أو المعالجة الحرارية ، كما تختلف عن بعضها البعض في نسب المعادن المكونة لها ، ومن أهمها سبائك : ألمنيوم ـ نحاس ، وألمنيوم ـ نحاس ـ مغنيسيوم ـ سيليكون ، وألمنيوم ـ نحاس ـ نيكل ـ مغنيسيوم ، وألمنيوم ـ نحاس ـ فضة ـ مغنيسيوم .

تستخدم هذه السبائك في معظم الآلات والأجهزة التي تتطلب أجزاء مصبوبة بأشكال معينة مثل رؤوس اسطوانات الحركة ، ومكابس آلات الاحتراق الداخلي ، وأجسام المضخات والعدادات ، وأجزاء الطائرات والسيارات والقطارات والجسور ... وغيرها .

إستخدامات الألمنيوم

نظراً لما يتمتع به الألمنيوم من خصائص جيدة مثل توصيله للحرارة والكهرباء ومقاومته للتآكل ، وقدرته على عكس الضوء والحرارة ، وسهولة تشكله أو قولبته ، لذا فإنه يستخدم في العديد من الصناعات التي من أهمها ما يلي :ـ

ـ الأدوات الكهربائية والأواني المنزلية .

ـ الأبواب والنوافذ .

ـ طلاء حاويات وصهاريج وخزانات المشتقات النفطية .

ـ الآلات والأجهزة وتشييد الباصات والقطارات والطائرات والصواريخ والمركبات الفضائية والسفن .

ـ تعليب وتغليف المواد الغذائية .

ـ استخلاص المعادن في الصناعات التعدينية نظراً لألفة الألمنيوم الكبيرة للأكسجين .

ـ المواد المحفزة المستخدمة في الصناعات العضوية والصناعات البتروكيميائية .



النحاس

د. معتصم ابراهيم خليل

النحــــــــاس (Copper - Cu)

فلز ينتمي لفلزات العناصر الإنتقالية ـ وبالتحديد ينتمي إلى المجموعة (١ ب) ، (I B) في الجدول الدوري للعناصر، وعدده الذري (٢٩) وكتله الذرية ٦٣,٥٩ ولـه نظيران مستقران هما النحاس ٦٣ والنحاس ٦٥. يتميز فلز النحاس بلونه الأحمر الذهبي، ويبلغ وزنه النوعي (٨,٩٨)، وتساوي درجة انصهاره ١٠٨٣ْم، ويغلي عند ٢٥٩٥ْم، وهو قابل للطرق وسهل التشكيل وموصل ممتاز للكهرباء.

يذوب النحاس بسهولة في حامض النيتروجين وحامض الكبريت المركز الساخن، ويتفاعل بسهولة مع القلويات، وهو مقاوم جيد للتآكل الجوي أكثر من الحديد حيث يكوّن طبقة خضراء من الكربونات المميّهة تعزل باقي النحاس عن الهواء الجوي. كما أنه عنصر مهم في غذاء الإنسان وليس ساماً في شكله العنصري ولايشتعل إلا وهو في هيئة المسحوق.

يتفاعل النحاس مع الهواء ـ الأكسجين ـ عند درجة حرارة ٣٠٠ْم مشكلاً طبقة سوداء من أكسيد النحاس (II) ـ (CuO) ـ على سطحه، وعند درجة حرارة ١٠٠٠ْم فإن تفاعله مع الهواء يؤدي إلى تشكل أكسيد النحاس (I) (Cu2O)، كما تؤثر عليه أبخرة الكبريت والهالوجينات مشكلة معه كبريتيد النحاس (Cu2S) وهاليدات النحاس (II) ماعدا اليود حيث يشكل يوديد النحاس (I).

لايتأثر النحاس بالماء أو البخار أو الأحماض المخففة غير المؤكسدة مثل حمض كلوريد الهيدروجين المخفف وحمض الكبريت المخفف عند غياب عامل مؤكسد، ولكنه يتفاعل مع حمض كلوريد الهيدروجين المركز محرراً غاز الهيدروجين، كذلك يتفاعل النحاس مع الأحماض الأكسجينة المركزة والساخنة ومن أمثلة ذلك مايلي :-

$$Cu + 2H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$
مركز

$$3Cu + 8HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$$
مخفف

$$Cu + 4HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$$
مركز

عرف الإنسان فلز النحاس ومركباته منذ زمن بعيد واستخدمه في صناعة المدقات والسكاكين والحراب والسهام، وقد جلبه الرومان من جزيرة قبرص حيث جاءت تسميته من الكلمة اليونانية (Kypros) التي حولها الرومان إلى الكلمة الألمانية لجزيرة قبرص (Cyprium) ثم تحول الإسم لاحقاً إلى الكلمة الإنجليزية (Copper)، وقد طور الفراعنة أفران لصهر النحاس وصنعوا منه البرونز وصبوا منه أبواب معبد الكرنك، كما أن الهنود الحمر أستخدموه في الشمال الغربي الأمريكي في قطع الأخشاب.

النحاس في الطبيعة

يعد النحاس من الفلزات المتوسطة الانتشار في الطبيعة إذ تبلغ نسبته في القشرة الأرضية ٠,٠١٢٪ وزناً. ويأتي ترتيبه السادس والعشرين من حيث كميته في القشرة الأرضية. وتتراوح نسبته في الخامات المعدنية القابلة للتعدين إقتصادياً بين ٠,٥٪ إلى ٥٪.

ويوجد النحاس بصفة أساس في الصخور النارية والرسوبية وهناك أكثر من ٢٠٠ معدن محتوية عليه ولكن تعد ٢٠ منها الأكثر أهمية، وهي تشمل النحاس الخام والكبريتيدات والأكسيدات. ويوضح شكل (١)

بعض تلك المعادن وتركيبها الكيميائي ونسبة فلز النحاس فيها.

تعد الولايات المتحدة وتشيلي الأكثر وفرة في احتياطي خام النحاس بنسبة ٢١,١٪ و ٢٠,٥٪ على التوالي، تليها كل من بيرو وروسيا والكونغو الديمقراطية بنسبة ٦,٤٪ لكل، ثم كندا والمكسيك وأستراليا بنسبة ٥,٨٪، ٤,٩٪، ٣,٤٪ على التوالي.

استخلاص وتعدين النحاس

تعتمد طرق استخلاص النحاس على نوع الخام. ويأتي حوالي ٨٠٪ من النحاس المستخلص في العالم من خام الكبريتيدات. وفي هذه الحالة فإن عمليات الإستخلاص والتعدين، شكل (٢)، تتكون مما يلي :-

● التركيز

نظراً لوجود النحاس في خاماته بتراكيز قليلة جداً فإن عملية صهر الخام مباشرة تصبح مكلفة للغاية وغير مجدية أقتصادياً، لذا يلجأ لعملية



أزورايت (٥٥,٣)* $2CuCO_3.Cu(OH)_2$

مالاكايت (٥٧,٥)* $CuCO_3.Cu(OH)_2$

بروكانتيت (٥٦,٣)* $CuSO_4.3Cu(OH)_2$







إنارجيت (٤٨,٤)* Cu_3AsS_4

كالكوسايت (٧٩,٩)* Cu_2S

كيوبرايت (٨٨,٨)* Cu_2O





كوفيلايت (٦٦,٥)* CuS

تيتراهدرايت (٣٠-٤٥)* $Cu_{12}Sb_4S_{13}$

برونونيت (١٣)* $CuPbSbS_3$

نحاس خام (٩٩,٩)* Cu

كالكوبيرايت (٣٤,٦)* $CuFeS_2$

* النسبة (٪) للنحاس في المعدن.

● شكل (١) بعض معادن فلز النحاس في الطبيعة.

فيزيائية لتركيز النحاس أولاً ، ويتم ذلك بعملية الطفو حيث يدفع النحاس ليلتصق بالفقاقيع الهوائية التي تضخ من خلال محلول الخام ، ثم تزال طبقة النحاس الطافية أعلى المحلول حيث يصل تركيزه إلى حوالي ٢٠-٣٠٪.

● التحميص

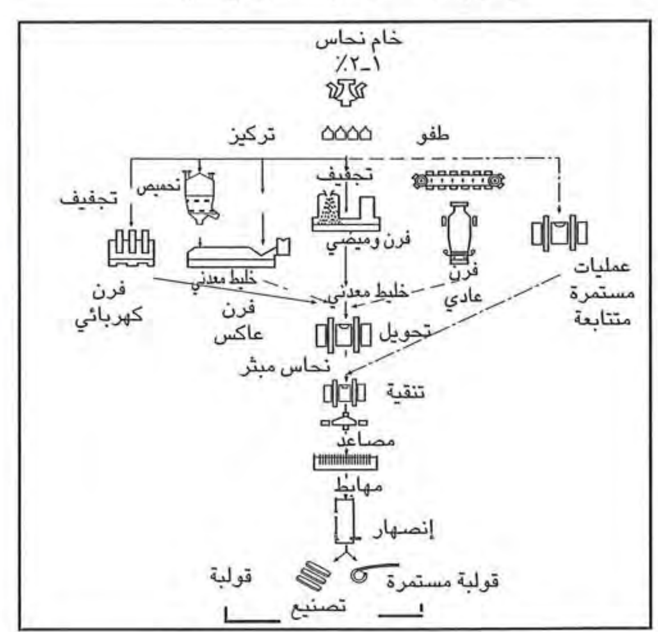
تتكون عملية التحميص من الأكسدة الجزئية لكبريتيد النحاس والتخلص الجزئي من الكبريت في هيئة ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) ، وتتم العملية بتمرير هواء ساخن على المادة المركزة في الخطوة السابقة عند درجة حرارة ٥٠٠-٧٠٠ْم ، حيث ينتج خليط من أكسيد وكبريت النحاس . وتستخدم عملية التحميص هذه عادة في أفران عاكسة تعمل على تركيز الخليط المعدني (Cu_2S,FeS) المسمى بالمت (Matte) .

● صهر المت

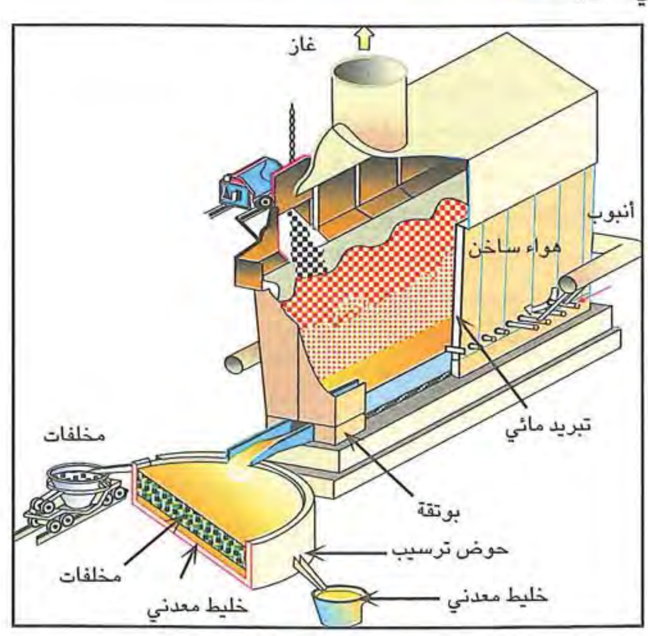
تهدف عملية صهر المت إلى فصل النحاس من الحديد والكبريت وذلك بتكوين طبقة سائلة من النحاس في أعلى الفرن عندما تصل درجة حرارة الجهاز إلى حوالي ١٢٠٠ْم وتبقى طبقة الحديد والكبريت ليتم فصلها واستبعادها من أسفل الفرن . وتتم عملية الصهر بواسطة أفران تختلف فيما بينها باختلاف نوع الخام والطاقة وذلك كما يلي :-

* **الفرن العالي :** وهو نوع من الأفران يتم فيه دفع خام النحاس (المت) من أعلى الفرن ليقابل تيار الهواء الساخن الصاعد إلى أعلى، شكل (٣) ، وتؤدي هذه العملية إلى تجفيف ثم تسخين وأخيراً صهر المادة الخام ليكون طبقتين من الخليط المعدني الذي يكون في قاع الفرن ومخلفات في الطبقة العليا منه .

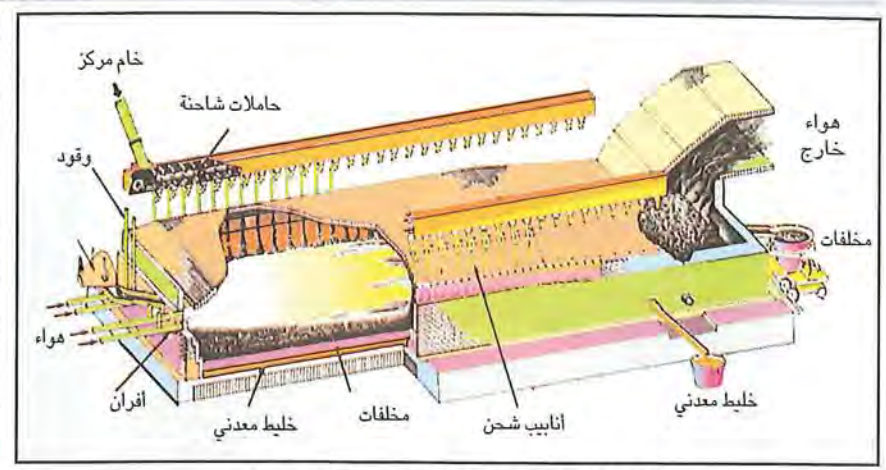
ويستخدم في هذا النوع من الأفران الوقود الأحفوري - الفحم ، وزيوت الوقود، والغاز الطبيعي - كمصدر من مصادر الطاقة اللازمة للتشغيل . ورغم أن عملية التحميص قد قللت من استخدام مثل هذه الأفران إلا أنها لازالت مستخدمة في اليابان وبعض الدول الأفريقية .



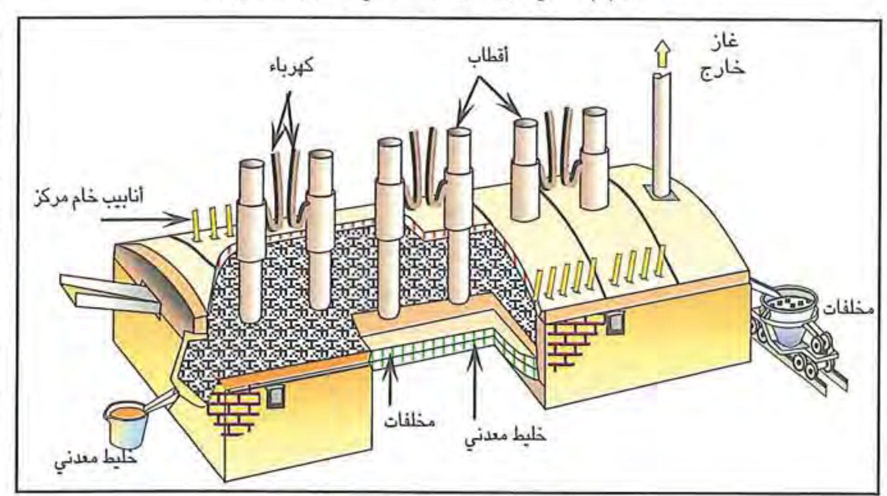
● شكل (٢) مخطط إنتاج النحاس من خام الكبريتيد.



● شكل (٣) مقطع من الفرن العالي لإنتاج النحاس.



● شكل (٤) مقطع من الفرن الإنعكاسي لإنتاج النحاس.



● شكل (٥) الفرن الكهربائي لإنتاج النحاس.

* **الفرن الانعكاسي :** وهو عبارة عن موقد حراري تسخن فيه المواد إلى درجة ١٢٠٠ـ١٢٥٠ْم . بواسطة هواء ساخن يأتي من طرف واحد لينساب إلى داخل الفرن ويصهر المادة الخام منتجاً طبقتين عبارة عن نحاس مبثر ومخلفات ، شكل (٤) .

يتم تسخين الهواء باستخدام الفحم أو زيوت الوقود أو الغاز الطبيعي ، وبما أن هذا النوع من الطاقة يحتوي على مادة الكبريت فان إستخدامها بكميات كبيرة يؤدي إلى تكوين كمية كبيرة من غازات الاحتراق الحاوية على غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO2) ، وبالتالي تتسبب في تلوث الهواء الجوي ، مما حول الانظار عنها والإتجاه إلى الأفران الكهربائية .

* **الفرن الكهربائي :** وهو شبيه بالفرن الإنعكاسي ولكن يختلف عنه في مصدر الطاقة المستخدمة التي تأتي في هذه الحالة من الكهرباء . ومن مزايا الفرن الكهربائي ، شكل (٥) ، التحكم في درجة الحرارة وأكسدة المواد ، وبالتالي فإنها فضلاً عن أن الطاقة المستخدمة فيها لاتحتوي على كبريت ، فإنها تعمل على تقليل كمية غاز ثاني أكسيد الكبريت المنبعث إلى الهواء الجوي .

* **الفرن الوميضي :** ومن مزاياه الإستفادة من الطاقة الناتجة من أكسدة الكبريتيد واستخدامها في عملية الصهر ، وعليه فإن هناك توفيراً في الطاقة المستخدمة سواء كان من المحروقات أم الكهرباء .

وهناك طريقتان لعملية الصهر بالفرن الوميضي ، شكل (٦) هما :ـ

ـ **طريقة أوتوكمبو :** ويستخدم فيها هواء تم تسخينه مسبقاً .

ـ **طريقة أنكو :** ويستخدم فيها غاز الأكسجين .

وفي كلتا الطريقتين يتم ضخ الخام المركز إلى داخل الموقد الحراري حيث يتم التفاعل التالي :

$$2Cu\,Fe\,S_2 + \frac{5}{2}O_2 + SiO_2 \rightarrow Cu_2SiFeS$$

$$+ FeO.\,SiO_2 + 2SO_2 + heat\ (\text{حرارة})$$

وبالاضافة إلى إنتاج الحرارة اللازمة للتسخين والصهر فإن هذا التفاعل ينتج كميات كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكبريت الذي يمكن إزالته مباشرة واستخدامه للحصول على حامض الكبريت مما يعد ميزة أخرى لهذه الطريقة .

● عملية التحويل

تتكون عملية تحويل النحاس من أكسدة الخليط المعدني السائل النا تج من الصهر . وبذلك يتم التخلص من الحديد والكبريت الموجود في الخليط المعدني ليعطي نحاساً بنقاوة ٩٩٪ ويسمى نحاساً مبثراً . وتتم العلمية في خطوتين متتابعتين كلاهما يتضمن نفخ الهواء في الكبريتيد المنصهر ، وهما :

(أ) التخلص من كبريتيد الحديد : ويعني التخلص من المخلفات ، وذلك وفقاً لمعادلة التفاعل التالية :

$$2FeS + 3O_2 + SiO_2 \rightarrow 2Fe\,O.\,SiO_2 + 2SO_2$$

(ب) تكوين النحاس المبثر : ويتم حسب معادلة التفاعل التالية :

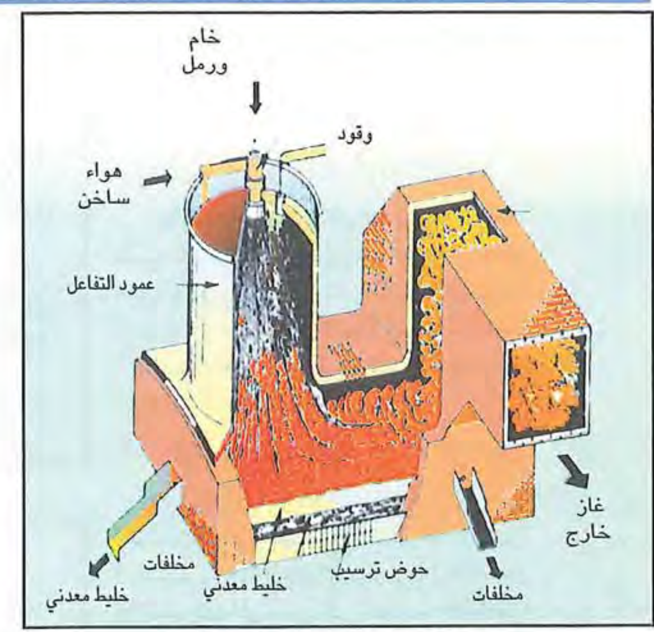
$$Cu_2S + O_2 \rightarrow 2Cu + SO_2$$

وكما هو واضح فإن غاز ثاني أكسيد الكبريت هو ناتج جانبي لهذه العملية ، ويكون تركيزه أكثر من ٥٪ لذلك يمكن التخلص منه مباشرة على شكل حامض كبريت .

تعد جميع الخطوات الثلاث أعلاه ـ التحميض والصهر والتحويل ـ عمليات أكسدة يمكن التحكم فيها ، وناتجها النهائي هو FeO ، SO2 وفلز النحاس كما هو الحال في الفرن الوميضي ، وعليه يمكن استخدام الفرن الوميضي لإنتاج النحاس المبثر في خطوة واحدة توفيراً للجهد المبذول في الخطوات المتلاحقة وكذلك الطاقة .

تنقية النحاس

يمكن القول بأن كل النحاس المبثر المنتج بواسطة الطرق أعلاه ينقى بالتحليل



● شكل (٦أ) الفرن الوميضي (أوتوكمبو).

● شكل (٦ب) الفرن الوميضي (أنكو).

الكهربي ليعطي نحاساً بنقاوة ٩٩,٩٩٪ . وتتم تلك العملية باستخدام محلول كبريتات النحاس (٥٠كجم لكل متر مكعب) في محلول الحامض المائي (٢٠٠كجم لكل متر مكعب) ، وبجهد كهربائي قدره ٠,٢ـ٠,٢٥ فولت ، وتيار كهربائي بكثافة ١٢٠٠ أمبير لكل متر مربع من المهبط (Cathode) .

ويعد النحاس الناتج من هذه العلمية أنقى الأنواع التجارية له ، وقد يعالج بطريقة خاصة للتخلص من الأكسجين الذائب فيه ويصبح بذلك أكثر ليونة وأسهل للتشكيل.

استخلاص النحاس من الخامات الأكسيدية

بالرغم من أن النحاس يوجد كخام في شكل كبريتيد ، لكنه يتواجد أيضاً على شكل مركبات اكسجينية ، كالكربونات ، والسلفات والسيليكات خاصة في أفريقيا.

ويمكن استخلاص النحاس من الأكسيد بواسطة تفاعله مع حامض الكبريت ومن ثم ترسيبه بواسطة نفايات الحديد ، شكل (٧) .

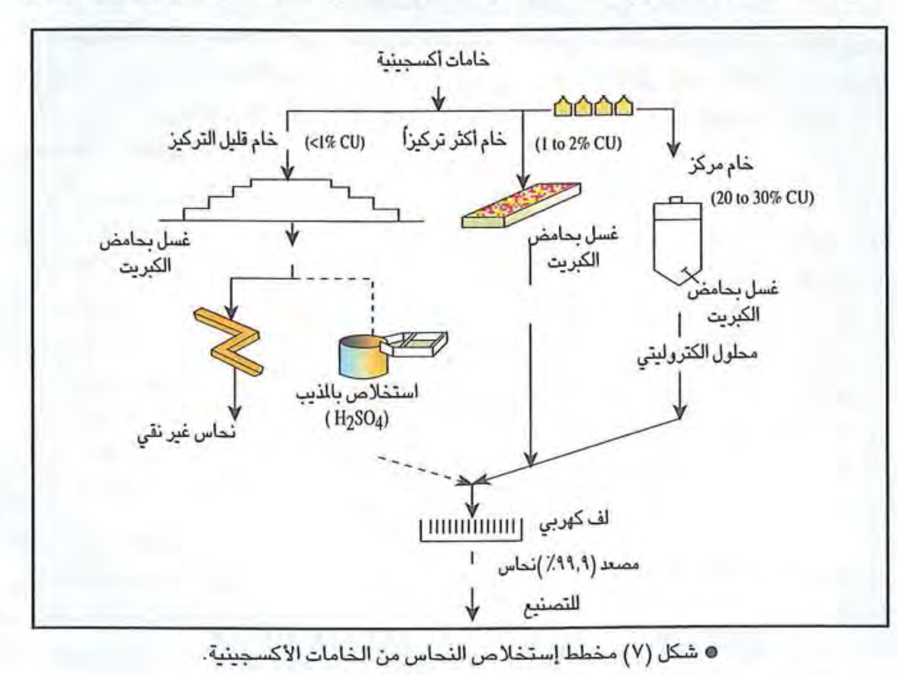
تكلفة الاستخلاص

تتفاوت تكلفة الاستخلاص لفلز النحاس بين مصنع وآخر وذلك إما بسبب نوعية الخام ، أو حجم العمليات أو طرق التعدين. فمثلاً تبلغ تكاليف إنتاج النحاس من منجم تحت الأرض ضعف تكاليف إنتاج النحاس من منجم مفتوح ، إلا أن من مزايا المناجم العميقة تحت الأرض إحتوائها على خامات أكثر تركيزاً من النحاس مما يجعل المقارنة صعبة.

وتكون المناجم ذات جدوى اقتصادية بأي حجم إعتماداً على نوعية الخام . أما أدنى حد أقتصادياً مجدي لعملية التركيز فهو ألف طن في اليوم . وفي هذه الحالة لابد أن تتراوح إنتاجية المصنع من النحاس المنقى بين ٢٥٠ـ٥٠٠طن يومياً.

مشكلة الكبريت

بما أن ٨٠٪ من النحاس العالمي يأتي من خام الكبريتيد ، فإن الكبريت يشكل ناتجاً جانبياً لأغلب الطرق المستخدمة في استخلاص النحاس ، وبسبب انبعاث ثاني أكسيد الكبريت من المصانع المنتجة لفلز النحاس فانه يشكل



● شكل (٧) مخطط إستخلاص النحاس من الخامات الأكسجينية.

السبيكة	المكونات	الإستخدامات
النحاس المطاوع	٩٩,٣٠٪ نحاس + فضة.	الأسلاك الكهربائية، المسامير، المفاتيح الكهربائية، مواسير لتبادل الحراري للمياه، الألواح، الآت تبريد المياه في العربات.
النحاس المطاوع	٩٩,٣٠٪ نحاس + فضة + فوسفور.	مواسير التبادل الحراري للمياه، الألواح.
كادميوم نحاس	٩٦٪ نحاس ، ٠,٧-١٢٪ كادميوم ، فضة ، حديد.	أسلاك البكرات المتحركة ، الوسائد والأغطية الحرارية، خطوط الموصلات الكهربائية.
بريليوم نحاس	٩٦٪ نحاس ، ١,٨-٢٪ بريليوم، نيكل + كوبلت + حديد + فضة.	المفاتيح الكهربائية ، أدوات التوصيل الكهربائية ، الأغشية النحاسية.
الصُفْر الأبيض المطاوع	٩٤-٩٦٪ نحاس+٦-٤٪خارصين.	العملات المعدنية ، الميداليات ، أدوات أعمال النحت ، المجوهرات.
الصُفْر الأحمر المطاوع	٨٤-٨٦٪نحاس+١٦-١٤٪خارصين.	التوصيلات الكهربائية والمكثفات ، أنابيب التبادل الحراري ، العملات المعدنية ، المجوهرات ، الخراطيم المرنه .
الصُفْر الأصفر المطاوع	٦٤-٦٨,٥٪نحاس+٢٦-٣١,٥٪ خارصين.	أنابيب تبريد محركات السيارات ، الصهاريج ، اللوالب ، العواكس.
برونز الفسفور	٨٩٪ نحاس ٩-١١٪ قصدير، ٠,٠٣ - ٠,٣٥٪ فوسفور	أعمدة الكباري و الجسور ، الأنابيب ، التوصيلات الكهربائية ، الفرش النحاسية ، النوابض .
برونز الألمنيوم	٨٨٪ نحاس،٦-٨٪ المنيوم ، ١,٥-٣,٥٪ حديد.	أنابيب اللحام وأنابيب التبادل الحراري ، الأنابيب المقاومة للأحماض والمعدات المقاومة للتأكل ، صناديق المياه .
برونز السيليكون	٩٤٪ نحاس،١,٢-١	التوصيلات الكهربائية ، النوابض .
نحاس/نيكل	١٩٪،قصدير٢,٧-٣,٤ سيليكون.	المبخرات ، المكثفات ، أنابيب التقطير ، أنابيب ومعدات المياه المالحة .

● جدول (١) مكونات وإستخدامات بعض سبائك النحاس

مصدر تلوث للنبات والحيوان إذا بقي في الطبقة الجوية ولو لمدة قصيرة.

ولمعرفة حجم المشكلة ، فإن إنتاج طن نحاس واحد من الخام المركز (CuFeS2) يفرز طناً من الكبريت أو طنَّين من ثاني أكسيد الكبريت.

ومن الممارسات الماضية - وربما حتى الآن - بث هذا الأكسيد في الجو مباشرة ، إلا أن هذه الممارسات قد منعت في كثير من بلدان العالم . فبالامكان تحويل هذا الأكسيد إلى عنصر الكبريت أو حامض الكبريت أو كسماد كبريت . وعليه فإن هناك اتجاهاً قوياً لاعتماد طريقة الأفران الكهربائية لما لها من مزايا في التحكم في درجة الحرارة - وبالتالي التحكم في التفاعل - مع البحث عن طرق لإنتاج النحاس يكون من نواتجها الكبريت بدلاً من ثاني أكسيد الكبريت الذي يعمل على تلوث الجو .

سبائك النحاس

عرفت سبائك النحاس منذ أن انتقل الإنسان من العصر الحجري إلى البرونزي، بعدها جرت عدة محاولات لفصل وتنقية الفلزات من السبائك المكونة منها ، تلا ذلك محاولات لتحسين الصفات الفيزيائية لبعض الفلزات بغية تكوين سبائك لاغراض صناعية معينة تختلف باختلاف مكونات تلك السبائك .

ولم يكن من الممكن اغفال أهمية النحاس في صناعة العديد من السبائك حتى أن البرونز المعروف منذ أمد بعيد طرأت عليه تحسينات عديدة لإنتاج العديد من أنواعه لتخدم أغراض مختلفة . ولذلك نجد العديد من سبائك النحاس التي

الصناعة	النسبة ٪
الصناعات الكهربائية والإلكترونية	٥١
الماكينات والمعدات الصناعية	١٥
المباني والإنشاءات	١٣
المواصلات	١٣
صناعات أخرى (كيميائية وغيرها)	٨

● جدول (٢) الاستخدامات الصناعية للنحاس في العالم الغربي.

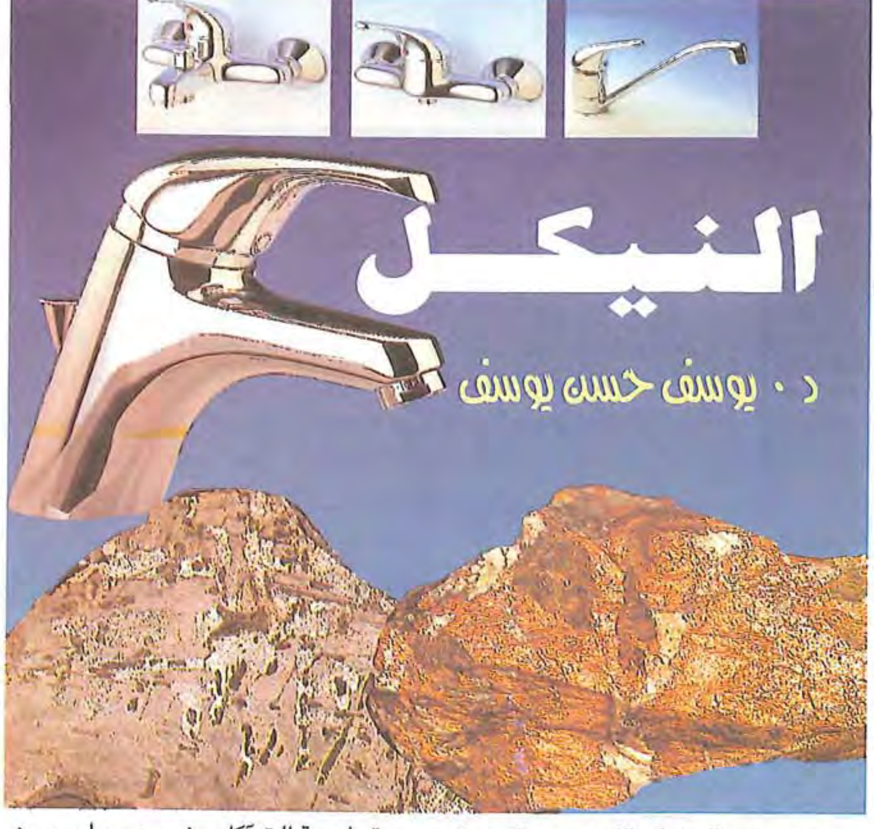
تستخدم لأغراض صناعية شتى مثل المحولات ، الآلات الكهربائية ومواسير التبادل الحراري والعملات المعدنية وغيرها ، ويوضح الجدول (١) مكونات واستخدامات بعض سبائك النحاس .

مركبات النحاس

رغم الأهمية الصناعية للنحاس في العديد من الأغراض الحيائية ، جدول (٢) ، إلا أنه لايمكن إهماله في الصناعات الكيميائية حيث تستخدم مركباته كأسمدة ومبيدات ومضافات غذائية وغيرها . ومن أهم مركبات النحاس الأكاسيد والهيدروكسيد ، وأملاح الكلوريدات والأكسوكلوريدات والمعقدات ، ويوضح جدول (٣) بعض تلك المركبات وأهميتها الصناعية .

المركب	الصيغة الكيميائية	الاستخدامات
أحادي أكسيد النحاس	Cu_2O	دهانات السفن ، مبيد فطري ، تكوين الخزف والزجاج ، مادة امتصاص لأول أكسيد الكربون .
ثنائي أكسيد النحاس	CuO	صناعة أملاح النحاس ، المضافات الغذائية ، تلوين الخزف والزجاج ، محفز .
هيدروكسيد النحاس	$Cu(OH)_2$	صناعة مركبات النحاس ، مبيد فطري ، مضافات غذائية ، محفزا ، لأصباغ .
أحادي كلوريد النحاس	$CuCl$	محفز ، صناعة مركبات النحاس ، مسحوق النحاس .
ثنائي كلوريد النحاس	$CuCl_2$	محفز ، تحلية البترول ، الأصباغ ، صناعة النسيج
أوكس كلوريد النحاس	$Cu_2Cl(OH)_3$	مبيد فطري ، الأصباغ .
كبريتات النحاس	$CuSO_4.5H_2O$	الأسمدة ، مبيدات ، المناجم ، الطلاء الكهربائي .

● جدول (٣) اهم مركبات النحاس واستخداماتها



النيكل

د . يوسف حسن يوسف

ألف الصينيون النيكل - دون أن يكتشفوه - قبل الميلاد (العصور الوسطى) كمكون أساس لمادة "باي - تنق" (Pai-Thung) التي تعني النحاس الأبيض ، والتي تتكون من ٤٠٪ نحاس ، ٣٢٪ نيكل ، ٢٥٪ زنك ، ٣٪ حديد ، وتشبه الفضة في شكلها . ومنذ ذلك الحين لم تظهر مادة (باي - تنق) في أوربا إلا بعد النصف الأخير من القرن الثامن عشر الميلادي وبكميات قليلة . وقد كان الإعتقاد السائد في أوروبا آنذاك أن النيكل نفسه هو خام النحاس ، بسبب التشابه الكبير بينهما في الشكل الخارجي والمظهر الطبيعي ، ولهذا السبب لم يكن من السهل اختزال خام النيكل لإنتاج الفلز مما جعل الألمان يطلقون على الخام اسم "كيبفر - نيكل" (Kupfer-Nickel) حيث ترادف كلمة (Nickel) بالإلماني كلمة نحاس بينما تعني كلمة(Kupfer) الألمانية " الشيطان " وقد جاءت تلك التسمية لاعتقاد الناس حينها أن الشيطان لايسمح باستخلاص النحاس من تلك الخامه مما جعلهم يعتقدون أن تلك المادة الجديدة عبارة عن نحاس زائف ، وقد كان هذا الإعتقاد سبباً في الإكتفاء بكلمة (Nickel) كاسم لهذا الفلز بواسطة العالم السويدي أكسيل كرونستد (Axel Cronstedt) الذي أفلح في استخلاص فلز النيكل - ولكن بصورة غير عالية النقاوة - من خام الجرسدورفايت والتعرف عليه عام ١٧٥١م ، وفي عام ١٧٧٥م تمكن بيرجمان (Bergmann) من التعرف على النيكل كفلز منفصل يختلف عن النحاس . تلا ذلك عام ١٨٠٤م استخلاص فلز النيكل بدرجة نقاوة عالية بوساطة الكيميائي ريتشر (Richter) مما جعله يلم بتفاصيل أكثر عن صفاته الكيميائية ، والفيزيائية ممهداً الطريق لوضع الفلز ضمن المجموعة الفرعية الثامنة من مجموعات العناصر الانتقالية التي تقع بين المجموعتين الرئيسيتين الثانية والثالثة من الجدول الدوري للعناصر ، بعد الحديد والكوبلت ، اللذين يشبهانه في كثير من الصفات .

وقد ساعد التشابه الكبير بين الفضة وسبيكة النحاس - نيكل المعروفة (بالنحاس الأبيض) التي كان ينتجها الصينيون منذ العصور الوسطى في ازدهار تجارة النيكل ، خاصة وأن السبيكة المشار اليها أقل ثمناً من الفضة ، حيث شهدت الفترة من ١٨٣٠إلى ١٨٣٩م إنتاج كميات تجارية من تلك السبيكة في ألمانيا وانجلترا ، أطلق عليها الفضة الألمانية (German Silver) أولاً وفضة النيكل (Nickel Silver) لاحقاً .

تلا ذلك تطور هام في صناعة السبائك المحتوية علي النيكل عندما أصدرت الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٨٥١م عملة من سبيكة نحاسية تحتوى على ١٢٪ نيكل ، ثم تبعتها دول أخرى لتزدهر تجارة النيكل بشكل ملحوظ .

خــــواص النيكل

النيكل (Ni) عبارة عن فلز أبيض فضي له رقم ذري (٢٨) وكتلة ذرية (٥٨٫٧١) ، ويوجد في الطبيعة على هيئة خمسة نظائر مستقرة هي : ٥٨ ، ٦٠ ، ٦١ ، ٦٢ ، ٦٤ ، بنسب مئوية مقدارها ٦٧,٨٪ ، ٢٦,٢٪ ، ١,٢٪ ، ٣,٦٪ . ٠,٩٪ ، على التوالي ، كما يمكن إنتاج نظائر مشعة صناعياً باعداد كتلية ٥٦ ، ٥٧ ، ٥٩ ، ٦٣ ، ٦٥ ، ٦٦ ، ٦٧ .

تنبع أهمية النيكل من كونه أنه يمكن أن يدخل في إنتاج عدد من السبائك لتحسين صفاتها العامة مثل زيادة الصلادة والمتانة ومقاومة التآكل عند مدى واسع من درجات الحرارة ، فهو مثلاً يدخل في صناعة الحديد والصلب ، فضلاً عن أن سبائكه تلعب دوراً هاماً في صناعة المركبات الفضائية وغيرها من الصناعات ذات الصلة .

● الخواص الفيزيائية

تعتمد الخواص الفيزيائية للنيكل على درجة نقاوته ، فالفلز عالي النقاوة يتميز بأنه قابل للطرق والسحب متوسط الصلادة ، ومتين ، وشديد المقاومة للتآكل في وسائط عديدة ، ويوضح الجدول (١) بعض الخصاص الفيزيائية لفلز النيكل .

● الخصائص الكيميائية

تتشابه الخصائص الكيميائية لفلز النيكل بشكل عام مع خصائص وصيفيه الحديد والكوبلت ، غير أن الصفات النادرة

الخاصية	القيمة والوحدة
درجة حرارة الإنصهار	١٤٥٥°م
درجة حرارة الغليان	٢٧٣٠°م
السعة الحرارية(صفر–١٠٠°م)	٤٥٢, جول/جم/كلفن
حرارة الإنصهار(١٤٥٥°م)	٣٠٢ جول / جم
معامل التمدد(صفر–١٠٠°م)	١٣,٣×١٠$^{-٦}$/كلفن
الناقلية الحرارية(صفر–١٠٠°م)	٨٨,٥ واط/م/كلفن
المقاومة الكهربائية (٢٠°م)	٦,٩ميكرو أوم/م

● جدول (١) بعض الصفات الفيزيائية لفلز النيكل .

للفلز تتمثل في مقدرته على التفاعل مع أول أكسيد الكربون عند درجة حرارة ٦٠ْم لإنتاج رباعي كربونيل النيكل - مادة قابلة للتطاير - بتفاعل عكوس، ينتج عنه فلز النيكل وأول أكسيد الكربون عند درجة حرارة ١٨٠ْم وذلك وفقاً لمعادلة التفاعل التالية:

$$Ni + 4CO \underset{١٨٠م}{\overset{٦٠م}{\rightleftharpoons}} Ni(CO)_4$$

ويستخدم هذا التفاعل للحصول على فلز النيكل النقي. كذلك يعد الفلز مقاوم جيد للتآكل - عند درجات حرارة متوسطة - بفعل الهواء وماء البحار والأحماض غير المؤكسدة، وفضلاً عن ذلك فان الفلز يقاوم التآكل الذي تسببه المواد القلوية عدا النشادر، ولذلك يستخدم في إنتاج الصودا الكاوية.

ومن الخواص الكيميائية الأخرى لفلز النيكل قابليته لامتصاص الهيدروجين، حيث يزداد الامتصاص بارتفاع درجة الحرارة ودرجة نعومة المسحوق، لتكوين هيدرات النيكل.

معادن وخامات النيكل

بالرغم من وجود كثير من المعادن التي تحتوى على عنصر النيكل، جدول (٢) إلا أن معادن الكبريتيد والأكاسيد تعد أهم المعادن الرئيسة من الناحية الاقتصادية.

● خامات الكبريتيدات

تشكل معادن الكبريتيدات حوالي ٢٠٪ من خامات إنتاج النيكل في العالم، ولكن يقدر انتاجها من الفلز بأكثر من ٦٠٪، حيث ينتج الباقي من خامات الأكاسيد التي تشكل الغالبية العظمى (٨٠٪) من مصادر خام الفلز.

ومقارنة بالكبريتيدات الأخرى المحتوية على فلز النيكل يعد معدن البنتلاندتيت (Pentlandite) أهم مصدر لإنتاج النيكل، حيث يتم منه إنتاج أكثر من ٥٩٪ من فلز النيكل في العالم. وبشكل عام تحتوى خامات الكبريتيدات على ٠,٤ - ٢٪ نيكل، ٠,٢-٤٪ نحاس، ١٠-٣٠٪ حديد، ٢٠٪ كبريت، إضافة إلى كميات قليلة من أكاسيد السيليكون والمغنيسيوم والألمنيوم والكالسيوم. وعلى الرغم من أهمية البنتلاندتيت كمصدر أول للنيكل إلا أن

المعدن	التركيب الكيميائي	نسبة النيكل (٪)
١- كبريتيدات		
بنتلاندتيت	$(Ni, Fe)_9S_8$	٣٤,٢
ميليرات	NiS	٦٤,٧
هيزليودايت	Ni_3S_2	٧,٣٣
بوليدايمايت	Ni_3S_4	٥٧,٩
سيقينايت	$(Co, Ni)_3S_4$	٢٨,٩
فايولارايت	Ni_2FeS_4	٣٨,٩
٢-زرنيخات		
نيكولايت	$Ni As$	٤٣,٩
راميلسبيرقايت	$Ni As_2$	٢٨,٢
جيرسدورفايت	$Ni As S$	٣٥,٤
٣- أنتمونات		
بريتابتايت	$Ni Sb$	٣٢,٥
٤-سيليكات وأكاسيد		
فارنيرايت	$(Ni, Mg)_6Si_4O_{10}(OH)_8$	≤٤٧
ليمونايت الحديد والنيكل	$(Fe Ni)O(OH).NH_2O$	كمية قليلة

● جدول (٢) المعادن الرئيسية لفلز النيكل.

معادن البايرهوتيت ("Pyrrhotite-"Fe_2S_8) والكالكوبيرايت ("Chalcopyrite "CuFeS) لاتقل أهمية كمصدر للنيكل بسبب احتوائها على كميات قليلة من الفلز. وتحدد نسبة وجود المعادن الثلاثة المذكورة - البنتلاندتيت والبايرهوتيت والكالكوبيرايت - في الخام الجدوى الإقتصادية لتعدين النيكل، ويأتي في المرتبة الثانية من حيث الأهمية خامات كبريتيدية أخرى مثل البيرايت (FeS_2) والكيوبانيت ($CuFe_2O_3$) والفايولارايت (NiFeS).

توجد خامات النيكل الكبريتيدية في كل من كندا، الإتحاد السوفييتي السابق، وجنوب أفريقيا، وأستراليا، وزمبابوي، وفنلندا.

● الخامات الأكسجينية

تتكون خامات النيكل الأكسجينية نتيجة تجوية صخور البريدوتايت (Peridotite) إلى معدن الأوليفين (Olivine) - سيليكات مغنيسيوم حديد - الذي يحتوي على ٠,٣٪من النيكل. وقبل البدء في عملية التجوية تتحول أغلب صخور البريدوتايت الى السيربنتين (Serpentine) - سيليكات مغنيسيوم مائية - حيث يختلط مع الأوليفين، ليتم تحويلها في وجود الماء وثاني أكسيد الكربون إلى محاليل مغنيسيوم وحديد ونيكل وغرويات السيليكا، وسرعان مايتحول الحديد إلى رواسب الجيوثايت (Geothite) والهيماتيت (Hematite) بوساطة الأكسدة عند تعرضه للهواء، وتبقى محاليل المغنيسيوم والنيكل وغرويات السيليكا، حيث تنتقل مع الماء إلى أسفل طبقات التربة أو الصخور المسامية وهي على هيئة مواد حمضية قابلة للتعادل متى ما تهيأت لها ظروف التفاعل مع مواد قلوية في الصخور أو التربة. وعند تعادل هذه المحاليل فإنها تترسب على هيئة سيليكات مائية من النيكل والمغنيسيوم.

توجد خامات النيكل الأكسجينية في أستراليا، والبرازيل، وكوبا، وكلدونيا الجديدة، والدومنيكان، واليونان، وإندونيسيا، ويوغسلافيا السابقة، والإتحاد السوفييتي السابق.

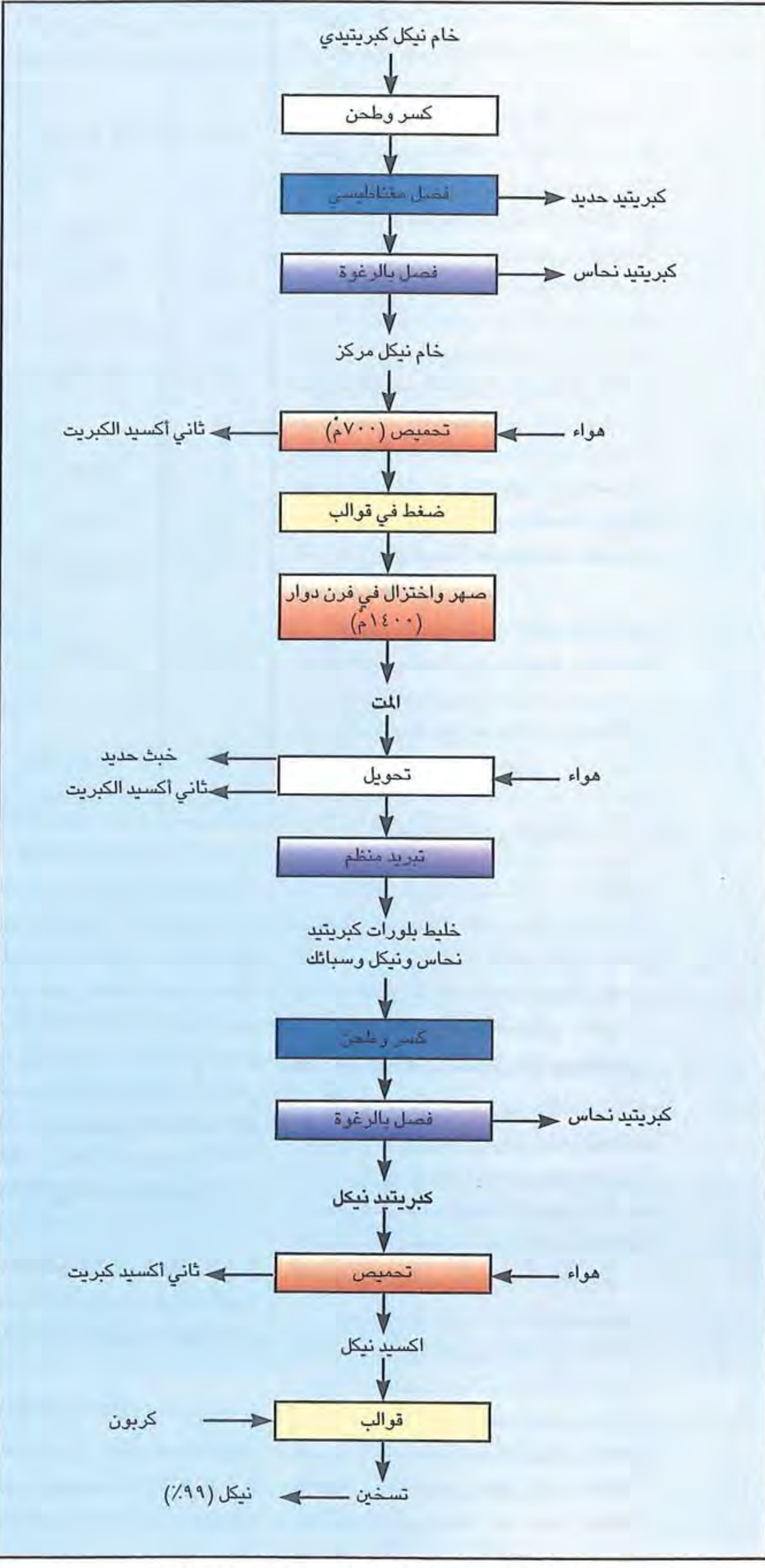
استخلاص النيكل

تختلف طرق استخلاص فلز النيكل حسب طبيعة الخام - كبريتيدي أم أكسجيني - وتركيز النيكل فيه، وكمية وأنواع الشوائب المصاحبة. ويمكن تقسيم تلك الطرق حسب نوع الخام إلى مايلي:

● استخلاص النيكل الكبريتيدي

يستخلص أكثر من ٩٠٪ من خام النيكل الكبريتيدي بوساطة التعدين الحراري. ورغم وجود عدة طرق للاستخلاص بواسطة التعدين، إلا أنها لاتختلف من حيث الخطوات الرئيسة التي تشمل التحميص، والصهر، والتحويل.

ويوضح شكل (١) أشهر طرق الإستخلاص بالتعدين الحراري، حيث تبدأ بعمليات التكسير والطحن لفصل جزء كبير من الكبريتيدات عن بعضها البعض، تمهيداً لفصل أكبر جزء من كبريتيد الحديد بالفصل المغناطيسي. ويلي ذلك إضافة الماء للخام الناتج لفصل كبريتيد النيكل من كبريتيد النحاس بالتعويم، حيث يبقى كبريتيد النحاس في القاع لكبر كثافته



• شكل (١) خطوات استخلاص النيكل من الخامات الكبريتيدية.

النوعية، ويطفو كبريتيد النيكل مع الرغوة.

تبدأ بعد ذلك عملية تحميص خام النيكل الناتج عند درجة ٦٠٠ـ٧٠٠مْ في وجود الهواء، ليتم أكسدة جزء كبير من كبريتيد الحديد المتبقي ضمن الخام حيث أن درجة الحرارة المذكورة لاتسمح بأكسدة كبريتيدات النحاس والنيكل لألفة كبريتيد الحديد للأكسدة مقارنة بالكبريتيدات المذكورة. يتم بعد ذلك ضغط الخليط في قوالب للصهر والاختزال في فرن دوّار لإنتاج خليط من كبريتيد النحاس والنيكل يطلق عليه المت (Matte). ينقل الخليط الى مفاعل محول (Converter) ليتم التخلص من الحديد المتبقي ـ على هيئة خبث من أكسيد الحديد ـ بواسطة الصهر عند درجة حرارة ١٤٠٠مْ وفي وجود الهواء، ويلي ذلك تبريد تدريجي للناتج للحصول على بلورات كبريتيدي النحاس والنيكل وسبائكهما، ثم تخضع البلورات إلى عمليات تكسير وطحن، ليتم فصل كبريتيد النحاس من كبريتيد النيكل بطريقة التعويم المذكورة سابقاً. بعدها يحمص كبريتيد النيكل في وجود الهواء ليتم أكسدته إلى أكسيد النيكل الذي يضاف إليه الكربون مع الكبس والضغط ويحفظ في قوالب ليتم تسخينه لإنتاج فلز النيكل بدرجة نقاوة حوالي ٩٩٪.

• إستخلاص النيكل الأكسجيني

يستخلص النيكل الأكسجيني بشكل عام عن طريق الصهر حيث يتم أولاً إزالة محتوى الخام من الماء (في هيئة ماء حر أوهيدروكسيد)، عن طريق التجفيف عند درجة حرارة ٢٥٠مْ. ثم يحول الخام الناتج إلى فرن عند درجة حرارة ٨٠٠ـ٩٠٠مْ لإزالة المزيد من الماء، يلي ذلك صهر الخام عند درجة حرارة أكثر من ١٤٥٠مْ، ليتم حجز الناتج على هيئة حديد نيكل (٢٤٪ نيكل، ٦٩٪حديد، ٢٪ كربون، ٣٪ سيليكون، ١,٥٪ نحاس، نسبة قليلة من الفوسفور)، ويخضع الخام الناتج إلى عملية تنقية يتم بموجبها إزالة الكربون والكبريت والسيليكون والفسفور، يلي ذلك صهر الناتج في وجود الكبريت لتحويل الخام إلى كبريتيدات، والحديد والنيكل، بعدها يضخ الهواء على مصهور الكبريتيدات ليتم أكسدة الحديد وإزالته ليبقى المت (٧٥٪ ـ٨٠٪ نيكل، ١ـ٤٪

حديد ، ٢٠٪ كبريت ٤,٠-١,٧ كوبالت) الذي يعالج لاستخلاص النيكل النقي حسب ماهو موضح سابقاً .

كذلك يمكن استخلاص النيكل الأكسجيني عن طريق الصهر المائي ، الذي يتم بشكل عام حسب الخطوات التالية :

- تحميص الخام في وجود حامض الكبريت أو الكلور .

- اذابة النا تج بالماء وغسله لاستخلاص محلول كبريتات أوكلوريدات النيكل والكوبلت .

- تحميص الراسب في الخطوة السابقة بالصودا ، وإذابة النا تج بحامض الكبريت أو الكلور أو النيتروجين لاستخلاص محاليل النيكل والكوبلت .

- ترسيب محاليل النيكل والكوبلت بإضافة كبريتيد الهيدروجين إلى الكبريتيدات ، وذلك عند درجة حرارة ١٢٠ْم وضغط ١٠ جوي وفقاً للتفاعلات التالية :

$$Ni\,SO_4 + H_2S \longrightarrow NiS + H_2SO_4$$

$$Ni\,Cl_2 + H_2S \longrightarrow NiS + 2HCl$$

$$Ni\,(NO_3)_2 + H_2S \longrightarrow NiS + 2HNO_3$$

تنقية النيكل

رغم ملاءمة النيكل المستخلص بالطرق المذكورة للكثير من الصناعات ، بسبب نقاوته التي تقارب ٩٩٪ ، إلا أن هناك استخدامات خاصة تتطلب مزيداً من النقاوة للفلز ، وفي هذه الحالة يمكن إخضاع الفلز إما للتنقية بالمناحل الكهربائية (Electrolytic Refining) أو التنقية الكربونيلية (Carbonyl Refining) .

● التنقية بالمناخل الكهربائية

تجرى التنقية بالمناخل الكهربائية بوجه عام في وعاء يحتوى على عدة خلايا منخلية (كهروليتيه) تملأ كل واحدة منها بخليط من كلوريد وكبريتيد الزنك في وجود عدد من المصاعد (Anodes) المصنوعة من فلز أو مت النيكل ، ويتخلل بين كل مصعدين من المصاعد المذكورة مهبط (Cathode) مصنوع من النيكل الصافي . ويتم توصيل التيار الكهربائي بين المصاعد والمهابط على التوازى ، وعند مروره فإن المصاعد تبدأ في الذوبان على شكل أيونات النيكل (Ni^{2t}) ويترسب النيكل النقي (Pure Nickel) على المهابط ، وذلك حسب التفاعل التالي :

(المصعد) $Ni \longrightarrow Ni^{2+} + 2e^-$

(المهبط) $Ni^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ni$

ولضمان إستمرار العملية يتم تبادل المصاعد مع المهابط بشكل دوري .

● التنقية الكبرنونيلية

تعتمد فكرة التنقية الكربونيلية على خاصية تفاعل النيكل مع أول أكسيد الكربون عند الضغط الجوي العادي ، وعند درجة حرارة منخفضة نسبياً (٤٠-٨٠ْم) لتكوين غاز رباعي كربونيل النيكل (Nickel Tetracarbonyl) ، وتعود أهمية هذا التفاعل إلى أنه تفاعل عكوس عند درجة حرارة (١٥٠-٣٠٠ْم).

والجدير بالذكر أن رباعي كربونيل النيكل سائل متطاير تبلغ درجة إنصهاره (-١٩,٣ْم) ، ودرجة غليانه (٤٢٫٥ْم) . ومقارنة بالنيكل فإن أغلب الشوائب الموجودة مع النيكل لاتتفاعل مع أول أكسيد الكربون فضلاً عن أن بعضها مثل الحديد والكوبلت لاتتفاعل بسرعة ولاتكوّن مواد متطايرة . وعليه يستفاد من التفاعل المذكور لفصل النيكل من شوائبه ، ثم استرجاعه مرة أخرى على شكل فلز خالص برفع درجة الحرارة إلى (١٥٠-٣٠٠ْم).

استخدامات النيكل

يستخدم النيكل بشكل رئيس في صناعة السبائك حيث يمكن خلطه مع كثير من الفلزات مثل النحاس ، والمنجنيز ، والحديد ،و الكروم ، ويستخدم خاصة في السبائك غير الحديدية والصلب لتحسين جودتها من حيث المتانة ، ومقاومة التآكل ، والصلادة وخصائصه الجيدة عند درجات الحرارة العالية .

ويستخدم ٦٠٪ من النيكل في صناعة الصلب المقاوم للصدأ (Stainles Steel) و ١٣٪ لصناعة سبائك النيكل ، وقد توسع استخدام النيكل في الصناعة بفضل الخصائص الجيدة خاصة التي يكسبها للسبائك مثل :

- الخواص الميكانيكية الجيدة .
- المقاومة للتآكل في الأوساط الحامضية والقاعدية وفي الجو ومحاليل الأملاح .
- احتفاظه بالمرونة والمقاومة والإستطالة عند درجات الحرارة العالية والمنخفضة.
- خواصه المغناطيسية .
- لونه الفضي الجذاب .

وتستخدم سبائك النيكل ذات النقاوة التجارية في كثير من الإستخدامات الصناعية مثل :

- أجهزة تصنيع الأغذية .
- براميل نقل المواد الكيميائية .
- الأجهزة الإلكترونية .
- أجزاء مكونات الصواريخ والمركبات الفضائية .
- المصابيح القلوية .
- المبادلات والعوازل الحرارية .

وفضلاً عن ذلك ، يضاف إلى النيكل فلزات أخرى لصناعة سبائك ذات صفات جيده ويوضح جدول (٣) مكونات تلك السبائك واستخداماتها .

م	السبيكة	المكونات	الإستخدام
١	فلز المونيل (Monel metal)	نيكل،نحاس،وقليل من الحديد	مقاومة التآكل
٢	سبيكة بيرم (Permalloy)	نيكل ، حديد	المجالات المغناطيسية
٣	الفضة الألمانية(German Silver)	نيكل ، زنك ، نحاس	بديل الفضة للزينة والديكور
٤	النيكروم والكروميل (Nichrome & Chromel)	نيكل ، حديد ، كروم نيكل ، المنيوم ، حديد ، كوبالت	أدوات المطبخ والأدوات الكهربائية مثل المكاوي وآلات التحميص
٥	ألنيكو (Alnico)	نيكل مع عناصر أخرى	الآلات المغناطيسية المتطورة
٦	بلاتنيت و أنفار (Platinite & Invar)	نيكل ، كروم ، عناصر أخرى	فتائل مصابيح الإضاءة
٧	النيكل المتفوق (Nickel Superalloy)		التربينات الصناعية ، محركات الطائرات .

● جدول (٣) مكونات سبائك النيكل وإستخداماتها.



التيتانيوم

د. ناصر بن عبدالله الرشيد

التيتانيوم (Titanium - Ti) عنصر كيميائي رمزه الذري (Ti) لونه أبيض فضي عندما يكون نقياً ، وعدده الذري ٢٢ ، ووزنه النوعي ٤,٥٤ ، وكتلته الذرية ٤٧,٨٨ ، له تسعة نظائر ، خمسة منها مستقرة وكتلها الذرية ٤٦ ، ٤٧ ، ٤٨ ، ٤٩ ، ٥٠، وأربعة منها غير مستقرة، وكتلها الذرية ٤٣ ، ٤٤ ، ٤٥ ، ٥١ . ينصهر التيتانيوم عند درجة حرارة تتراوح ما بين ١٦٥٧ ـ ١٧٥٧ م.ويغلي عند درجة حرارة ٣٢٨٧°م.

تتباين صفات التيتانيوم الفيزيائية ، مثل التوصيل الحراري والكهربي والمرونة، فمثلاً التبريد يزيد من صلابة وقوة الفلز ، إلا أنه يقلل من معامل المرونة والتوصيل الكهربي ، وبشكل عام فإن الزيادة في نقاوة الفلز تؤثر بشكل عكسي على مقاومته الكهربائية ، وصلابته ، ومتانته.

الصفات الميكانيكية

تعتمد الصفات الميكانيكية للفلز على درجة نقاوته وعلى درجة الحرارة ، فالفلز لا يوجد بصورة نقية لإحتوائه على آثار من العناصر الأخرى نتيجة لميله الشديد للإنجذاب نحو بعض الغازات الموجودة في محيطه ، أما إرتفاع درجة الحرارة فإنها تقلل من متانته ، فمثلاً عندما ترتفع درجة حرارة الوسط المحيط به إلى ٢٠٠°م فإن متانته تقل بحوالي ٥٠٪ ، بينما لا يتغير معامل إجهاد القطع (Fracture Strain) ، كما أن زيادة حجم الحبيبات يقلل من مقاومة الشد (Tensile Strength) ويزيد من قدرته على الإستطالة.

ومن الجدير بالذكر أنه كلما زاد محتوى الفلز من الأكسجين ، والنيتروجين ، والهيدروجين زادت قوته (Strength) وضعفت صلابته (Toughness) ، ويعد الأكسجين العنصر الوحيد الذي يضاف إلى الفلز لإكسابه زيادة في القوة ، بينما تختلط به العناصر الأخرى كملوثات أثناء الإنتاج.

يوجد للتيتانيوم أربع رتب هي تيتانيوم ١ ، وتيتانيوم ٢ ، وتيتانيوم٣ ، وتيتانيوم ٤ تتميز كل منها بخواص ميكانيكية تختلف كل منها عن الاخرى ، وبالتالي تختلف إستخدامات كل منها. يعتمد هذا التصنيف على محتوى التيتانيوم من الأكسجين ويوضح الجدول (١) خواص المتانة لرتب التيتانيوم النقي تجارياً.

مقاومة التآكل

تتمثل مقاومة التيتانيوم للتآكل في تكوين طبقة رقيقة وكثيفة وثابتة ولاصقة من الأكسيد ـ في الحال ـ عندما يتعرض للهواء ، ويشترط لذلك وجود الأكسجين في الوسط المحيط به ، وتكون مقاومته للتآكل ضعيفة في الوسط قوي الإختزال.

تتلف طبقة الأكسيد المقاومة للتآكل تماماً في البيئات الخالية من الماء ، مثل الكلور الجاف والأكسجين الجاف وحامض النيتروجين المركز وجميع الأوساط المختزلة ، كما أن وجود التيتانيوم في المحاليل المائية المتعادلة ـ وخاصة بوجود أيونات الكلور ـ تؤدي إلى حدوث إختراقات موضعية في الطبقة الواقية تعمل على تآكل التيتانيوم.

تتكون الطبقة الواقية حول سطح التيتانيوم النشط في درجة حرارة الغرفة ويصل سمك هذه الطبقة إلى ١,٧ نانومتر خلال أربع ساعات ، و٣,٥ نانومتر خلال أربعين يوماً ، وإلى حوالي ٢٥٠ نانومتر خلال أربع سنوات ، ويعتمد لون هذه الطبقة على سمكها ، وعلى درجة الحرارة التي تكونت عندها ، وعلى محتويات السبيكة.

وجوده في الطبيعة

يعد التيتانيوم نسبياً واسع الإنتشار ، حيث تقدر نسبة تركيزه في القشرة الأرضية بحوالي ٠,٦٪ ، ويأتي ترتيبه التاسع بين العناصر المتواجدة في القشرة الأرضية ، وذلك بعد الأكسجين والسيليكون والألمنيوم والحديد والمغنيسيوم والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم.

يوجد التيتانيوم بصورة أولية في الصخور النارية ، حيث يشكل المكونات الأساسية للصهارة (Magma) الحامضية ، ويوجد على عدة حالات ، الحالة الأولى منها التيتانيت (Tetanates) ، والتي من أهمها: الألمنايت ($Ilmenite - FeTiO_3$) ، والبيروفيسكايت ($Perovskite - CaTiO_3$) ، والحالة الثانية على هيئة أكاسيد التيتانيوم، كما أنه قد يوجد في حالة وسطية مثل

رقم الرتبة	أكسجين (٪)	نيتروجين (٪)	كربون (٪)	هيدروجين (٪)	مقاومة الشد (MPa)	٠,٢٪ مقاومة الخضوع (MPa)	١٪ مقاومة الخضوع (MPa)	انفصال الكسر (٪)
(Ti1)	٠,١٢	٠,٠٥	٠,٠٦	٠,٠١٣	٤١٠-٢٩٠	١٨٠	٢٠٠	٢٤
(Ti2)	٠,١٨	٠,٠٥	٠,٠٦	٠,٠١٣	٥٤٠-٣٩٠	٢٥٠	٢٧٠	٢٢
(Ti3)	٠,٢٥	٠,٠٥	٠,٠٦	٠,٠١٣	٥٩٠-٤٦٠	٣٢٠	٣٥٠	١٨
(Ti4)	٠,٣٥	٠,٠٥	٠,٠٦	٠,٠١٣	٧٤٠-٥٤٠	٣٩٠	٤١٠	١٦

● جدول (١) التركيب الكيميائي وخواص المقاومة لرتب التيتانيوم النقي تجارياً.

السيليكات، ويشكل التيتانيوم فيها المكون الرئيسي كما في حالة معادن الزركون وسيليكات الألنيوم، وعلى ما يبدو أيضاً أن جميع الحالات السابقة يمكن أن توجد في الصخور المتحولة (Metamorphic) المحتوية على التيتانيوم.

من أهم خامات التيتانيوم: الأناتيز (TiO_2)، والإلمنيت ($FeTiO_2$) والتي تحتوي على ٥٣٪ من ثاني أكسيد التيتانيوم (TiO_2)، الليوكوكسين الناتج من تعرض الإلمنيت للجو، ذو المحتوى القليل من الحديد، والبيروفسكايت ($CaTiO_2$)، والروتايل (TiO_2)، والسفين [$CaTi(SiO_4)O$]، ويعد الإلمنيت والليوكوكسين والروتايل أكثر الخامات أهمية من الناحية الإقتصادية لسهولة معالجتها، وتعد البرازيل من أشهر الأماكن التي يوجد فيها رواسب الأناتيز، أما رواسب البيروفسكايت فتوجد ترسباته في ولاية كلورادو، وقد يحقق أهمية إقتصادية كبيرة في المستقبل.

يعد الروتايل (TiO_2) من أهم الخامات لإستخلاص التيتانيوم ومركباته، ومع أن تواجده في الطبيعة أقل من الإلمنيت إلا أن تركيز التيتانيوم فيه أعلى.

يتراوح لون الصخور الغنية بالروتايل من البني إلى الأسود، وتحتوي على حوالي ٩٠-٩٧٪ من أكسيد التيتانيوم مع بعض الشوائب التي تصل إلى حوالي ١٠٪ من السيليكا، وأكاسيد الحديد، والفاناديوم، والنيوبيوم (Niobium)، والتانتالم (Tantalum)، وآثار من مركبات القصدير والكروم والموليبدنم.

وبالرغم من الإنتشار الواسع لمعادن التيتانيوم إلا أن تعدين الخامات المحتوية على الروتايل تعتمد أساساً على أستراليا، التي يأتي منها حوالي ٩٠٪ من الإنتاج العالمي، ويليها سيراليون وجنوب أفريقيا. وتعد إستراليا أهم اقطار العالم إنتاجاً لخام الإلمنيت، فهي تنتج ثلث الإنتاج العالمي تقريباً، تليها النرويج، ثم الولايات المتحدة، ثم اوكرانيا، بينما تأتي كندا وجنوب أفريقيا في مقدمة دول العالم إنتاجاً لخبث التيتانيوم من الإلمنيت.

يقدر الإحتياطي العالمي من الروتايل والإلمنيت (على شكل ثاني أكسيد التيتانيوم TiO_2) من ٤٢٣-٦٠٠×10^6 طن، ويوجد أكبر إحتياطي للألمنيت في جنوب أفريقيا، والهند، والولايات المتحدة، وكندا، والنرويج، وأستراليا، وأوكرانيا، وروسيا، وكازاخستان.

إنتاج التيتانيوم

ينتج التيتانيوم بشكل خاص عن طريق إختزال رابع كلوريد التيتانيوم($TiCl_4$) والذي يصنع من الروتايل الطبيعي، أو من ما يسمى بالروتايل المصنع المحضر من الإلمنيت، والمخلفات الغنية بثاني أكسيد التيتانيوم الناتجة من تعدين الإلمنيت.

تتم معالجة الإلمنيت بحامض الكبريت لإنتاج ثاني أكسيد التيتانيوم المستخدم في مصانع الأصباغ، إلا أن هذه الطريقة غير ملائمة لتحضير المواد الأولية (Starting Materials)لإنتاج فلز التيتانيوم لإحتوائه على الشوائب. وفي الوقت الحاضر أخذ إنتاج ثاني أكسيد التيتانيوم (أبيض التيتانيوم TiO_2) من رابع كلوريد التيتانيوم يزداد، بحيث أصبح حوالي ثلث الإنتاج العالمي من ثاني أكسيد التيتانيوم ينتج بإستخدام طريقة الكلوريد. ومن الجدير بالذكر أن أكثر من ٩٥٪ من معادن التيتانيوم المنتجة على مستوى العالم تستخدم في صناعة أصباغ ثاني أكسيد التيتانيوم، و ٤٪ فقط تستخدم لإنتاج فلز التيتانيوم.

توجد عدة طرق لإستخلاص فلز التيتانيوم من رابع كلوريد التيتانيوم منها:

● كلورة ثاني أكسيد التيتانيوم

تعرف هذه الطريقة باسم طريقة الفرشة المسالة (Fluidized-bed process) ويستخدم فيها الروتايل بنسبة تركيز ٩٦٪ مخلوطاً مع ٢٠-٢٥٪ من فحم الكوك المستخرج من النفط، ومادة مساعدة على التماسك مثل الأسفلت أو قطران الخشب، وأحياناً تضاف محفزات مثل ثاني أكسيد المنجنيز (MnO_2)، وقوالب من الفحم الحجري (Briquettes)، ترص قوالب الفحم الحجري في أسفل برج الكلورة على طبقة من الكربون حيث تعمل كقطب كهربي (Electrode)، وتتفاعل مع الكلور عند درجة حرارة تتراوح ما بين ٥٠٠ إلى ٨٥٠ْ م، يسخن الكلور إلى ١٠٠٠ْم بواسطة فرشة الكربون المقاوم للحرارة، وعندئذ يتفاعل حرارياً (Exothermically) مع الروتايل والكربون في قوالب الفحم الحجري.

تتم هذه الطريقة على مرحلتين، ففي المرحلة الأولى يختزل الروتايل بواسطة الكربون عند درجة حرارة تتراوح ما بين ١٢٠٠-١٤٠٠ْم إلى كربيد وأكسيد التيتانيوم. وفي المرحلة الثانية يتفاعل مع الكلور بسهولة أكثر من تفاعله مع الروتايل.

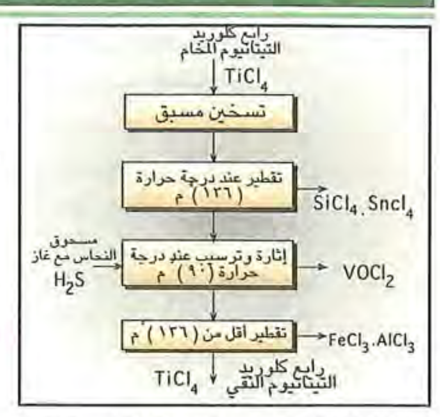
إستخدمت هذه الطريقة منذ عام ١٩٥٠م لعدة أسباب، منها: معدل التفاعل العالي، وتحسن وسائل تحول الحرارة، ولقدرة هذه الطريقة على رفع درجة الحرار من ٦٠٠ْ إلى ١٠٠٠ْ م دون الحاجة إلى مصدر حراري خارجي.

في الوقت الحاضر نادراً ما يستخدم الإلمنيت كمادة أولية للتفاعل، وذلك لأنه يستهلك كميات كبيرة من الكلور نتيجة لتكوين كلوريد الحديد الثلاثي والذي يعد الطلب عليه قليلاً، كما أن تكلفة إستخلاص الكلور منه عالية.

● فصل وتنقية رابع كلوريد التيتانيوم

ينتج عن كلورة الروتايل غازات هي رابع كلوريد التيتانيوم وأول أكسيد الكربون مع كميات ضئيلة من ثاني أكسيد الكربون والفوسجين ($COCl_2$).

تبرد الغازات المغادرة لمفاعل الكلورة بواسطة المبادلات الحرارية، ونتيجة لإنطلاقها على شكل رذاذ مع رابع كلوريد التيتانيوم. يتم التخلص من ثالث كلوريد الحديد الذي يترسب عند درجة حرارة ١٥٠ْم بواسطة رابع كلوريد التيتانيوم، كما أن التبريد العالي يؤدي إلى تكثف رابع كلوريد التيتانيوم مكوناً ناتجاً أصفراً يحتوي على ٩٤٪ من رابع كلوريد التيتانيوم، وعلى ٤٪ من مكونات صلبة تتكون أساساً من الروتايل والكربون والكبريت وكلوريدات معدنية غير ذائبة، وحوالي ٢٪ من الكلوريدات المؤكسدة القابلة للذوبان، تشتمل على رابع كلوريد السيليكون ($SiCl_4$) ورابع كلوريد القصدير ($SnCl_4$)، وهذه تتميز بدرجات غليان منخفضة، أما ثالث كلوريد الفاناديوم المؤكسد ($VOCl_3$) فله درجة غليان (١٣٧ْم) مشابهة تقريباً لدرجة غليان رابع كلوريد التيتانيوم (١٣٦ْم)،



● شكل (١) تنقية رباعي كلوريد التيتانيوم الخام.

كما يشتمل على الكلوريدات التي تكون درجة غليانها عالية مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والمنجنيز والصوديوم، وبالتالي ينتج عنها ترسبات غير مرغوبة في الأجهزة.

تتم تنقية رابع كلوريد التيتانيوم من المواد الصلبة الرئيسية عن طريق ترسيبها، فتضاف كمية قليلة من الماء لترسيب الألمنيوم على شكل كلوريد مؤكسد، أما رابع كلوريد القصدير ورابع كلوريد السيليكون فتتم إزالتهما بواسطة التقطير عند درجة حرارة أعلى من ١٣٦ْ م، ثم يمرر غاز كبريتيد الهيدروجين مع إضافة مسحوق النحاس عند درجة حرارة ٩٠ْ م لإختزال ثالث كلوريد الفاناديوم المؤكسد إلى ثاني كلوريد الفاناديوم المؤكسد الذي يترسب. أما ثالث كلوريد الحديد وثالث كلوريد الألمنيوم فتقطر عند درجة حرارة أقل من ١٣٦ْ م، شكل (١).

يمكن إزالة الكلور الذائب بسهولة عن طريق تسخينه أو بتسخينه مع مسحوق الحديد، أو النحاس، أو القصدير.

يحتوي رابع كلوريد التيتانيوم المنقى على ٠,٠٠٢٪ من خامس أكسيد الفاناديوم ويتم تقطيره جزئياً للتخلص من بقايا الفوسجين ورابع كلوريد السيليكون، وعند ذلك تصل نقاوته إلى ٩٩,٩٪.

إنتاج التيتانيوم الإسفنجي

إن الحرارة العالية الناتجة من تكون أكسيد التيتانيوم إضافة إلى قدرة الأكسجين العالية على الذوبان في التيتانيوم عند درجات الحرارة العالية جعلت من الصعوبة بمكان ـ على الأقل في الوقت الحاضر ـ تطوير طريقة إقتصادية لإختزال ثاني أكسيد التيتانيوم مباشرة إلى فلز التيتانيوم قليل الأكسجين، لذا فإن الطرق الصناعية النموذجية لإنتاج فلز التيتانيوم تعتمد على هاليدات التيتانيوم.

هناك عدة طرق لإنتاج التيتانيوم الإسفنجي منها:

● إختزال ثاني أكسيد التيتانيوم

يمكن إختزال ثاني أكسيد التيتانيوم بواسطة الكربون عند درجة حرارة أعلى من ١٠٠٠ْ م، كما أن استخدام الكربون المحتوي على عوامل الإختزال يؤدي إلى تكون كربيد التيتانيوم، حتى ولو تم ذلك في محيط مفرغ من الهواء بدرجة عالية. يؤدي الإختزال بالهيدروجين في وجود غازات خاملة إلى تكون خليط من الأكاسيد الدنيا. لذا فإن الطريقة الأكثر جدوى لإختزال أكسيد التيتانيوم هي باستخدام الفلزات القلوية الأرضية.

يتم تحضير تيتانيوم يحتوي على أكسجين بنسبة ٠,١ـ٠,٣٪ عن طريق حدوث التفاعل عند درجات الحرارة من ١٠٠٠ـ١٢٠٠ْم، ثم إذابة الناتج بمحلول مشبع من الكالسيوم وأكسيد الكالسيوم في حامض الكلور. أما الإختزال بإستخدام هيدريت الكالسيوم عند درجة حرارة ٦٠٠ـ٧٠٠ْم فيعطي هيدريت التيتانيوم الذي يتحلل إلى تيتانيوم يحتوي على ٠,٢٪ أكسجين وهيدروجين.

● إختزال هاليدات التيتانيوم

يمكن إنتاج التيتانيوم الإسفنجي بإختزال هاليدات التيتانيوم، ومن أهمها الكلوريدات والفلوريدات.

* **إختزال الكلوريدات:** وينجم عن إختزالها بالهيدروجين ـ على قوس كهربائي ـ تكوّن كلوريدات ثانوية (Subchlorides) تجعل هذا التفاعل غير مجد من الناحية الصناعية، كذلك يؤدي إختزال رابع كلوريد التيتانيوم بالكالسيوم إلى نشر طاقة حرارية عالية، وعليه فإن هاتين الطريقتين غير محبذتين وبدلاً عنهما يمكن إجراء عمليات الإختزال بإحدى الطرق التالية:

ـ **الإختزال بالصوديوم:** استخدم **هنتر** (Hunter) هذه الطريقة في عام ١٩١٠م لإنتاج كميات أكبر من التيتانيوم النقي من تفاعل رابع كلوريد التيتانيوم مع الصوديوم داخل قنبلة فولاذية مفرغة.

أما **دوجوسا** (Degussa) فقد إستخدم خليط من البوتاسيوم والصوديوم النقي عند درجة حرارة تتراوح ما بين ٧٠٠ـ٨٠٠ْ م، ويجب أن لا تزيد عن هذا المعدل حتى لا يغلي الصوديوم (درجة غليانه ٨٧٧ْم)، ولتلافي الحرارة الزائدة يوضع كلوريد الصوديوم المنصهر في المفاعل أولاً، ثم يضاف مسحوق كلوريد الصوديوم عند درجة حرارة تتراوح ما بين ٦٠٠ـ٦٢٠ْ م، بعد ذلك يضاف الصوديوم المصهور من الأعلى بينما يضخ رابع كلوريد التيتانيوم مع الغازات الخاملة إلى داخل المفاعل من الأسفل.

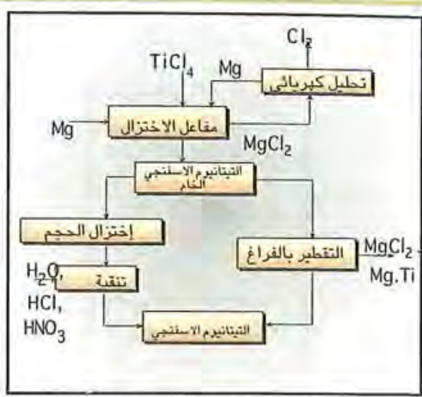
يتم في الوحدات الصناعية دفع الصوديوم المصهور ورابع كلوريد التيتانيوم إلى داخل المفاعل المملوء بغاز الأرجون المسخن إلى ٦٥٠ْ م، وبعد أن يبدأ التفاعل يمكن رفع درجة الحرارة إلى ٩٠٠ْ م، وعندما يكتمل التفاعل تضاف كميات أخرى من الصوديوم لكي ترتفع درجة الحرارة إلى ٩٥٠ م.

في الطريقة ثنائية المرحلة، يتم أولاً تحويل رابع كلوريد التيتانيوم عند درجة حرارة منخفضة (٢٣٥ْ م) إلى مركبات كلوريدات التيتانيوم الصوديومية (ذات درجة الإنصهار المنخفضة) وثاني كلوريد التيتانيوم، ثم في المرحلة الثانية تضاف كمية أخرى من الصوديوم فينتج تيتانيوم وكلوريد صوديوم، ثم يذاب كلوريد الصوديوم (بعد إنتهاء التفاعل) بالماء ويبقى التيتانيوم الإسفنجي في المفاعل، ويتم الحصول عليه بواسطة الطرد المركزي، ثم يجفف. وتتميز هذه التقنية بأنها تطرد حرارة التفاعل، وبالتالي يمكن التحكم بها بسهولة.

ـ **الإختزال بالمغنيسيوم:** إكتشفت هذه الطريقة بواسطة العالم **كرول** (Kroll)، وطورت من قبل مكتب المناجم في مدينة بولدر بولاية نيفادا لتصبح ذات جدوى إقتصادية، ويميز هذه الطريقة لإنتاج التيتانيوم الإسفنجي إنتاج حرارة عالية ومغنيسيوم عالي النقاوة، كما في المعادلة التالية:

$$Ti + 2\,MgCl_2 \longrightarrow TiCl_4 + 2\,Mg$$

يبنى المفاعل المستخدم لهذ الطريقة من الفولاذ الكربوني النقي وفولاذ النيكل



● شكل (٢) إختزال رباعي كلوريد التيتانيوم الخام إلى التيتانيوم الإسفنجي بطريقة كرول.

الممزوج بالكروم ، وعادة تنظف جدران المفاعل الداخلية بالفرشاة ، أو تكسى بطبقة من التيتانيوم. توضع قطع من المغنيسيوم الخالي من الأكسيد داخل المفاعل المملوء بغاز الأرجون ، حيث ينصهر المغنيسيوم عنددرجة حرارة ٦٥١ْ م ، شكل (٢).عندما تصل درجة الحرارة إلى ٧٠٠ْم ، يمرر رابع كلوريد التيتانيوم – المراد تنقيته– ببطء إلى المفاعل من الأعلى ، أو يضخ على شكل بخار ، وعندما تصل درجة الحرارة إلى ما بين ٨٥٠ـ٩٥٠ْ م يترسب التيتانيوم الإسفنجي على جدران المفاعل مكوناً كعكة صلبة على المغنيسيوم المصهور. يتجمع ثاني كلوريد المغنيسيوم المنصهر تحت المغنيسيوم ، حيث يسحب إلى الخارج. أما المغنيسيوم فيرتفع من خلال الثقوب الموجودة في الكعكة إلى أعلى بواسطة الخاصية الشعرية ، حيث يتفاعل مع رابع كلوريد التيتانيوم الغازي ، وللوقاية من حدوث تفاعل بين التيتانيوم وحديد المفاعل فإنه يجب أن لا تزيد درجة الحرارة عن ١٠٢٥ْ م

تشكل الكمية المتفاعلة من رابع كلوريد التيتانيوم من ١٠ـ١٥٪ تقريباً ، مما يؤدي إلى بقاء كمية من المغنيسيوم وثاني كلوريد المغنيسيوم في التيتانيوم الإسفنجي . كما أن الكميات الزائدة من رابع كلوريد التيتانيوم تؤدي إلى تكون كلوريدات حديد وكلوريدات تيتانيوم تزيد من كمية الحديد في التيتانيوم الإسفنجي.

ينقى التيتانيوم الإسفنجي الخام بواسطة التقطير في الفراغ (Vacuum Distillation) ، حيث يتم إنتاج ٩٨٪ تقريباً منها بهذه الطريقة. وبعد إكتمال التفاعل مباشرة يربط عادة غطاء المفرغة بمفاعل الإختزال ، وعندما يصل الضغط إلى ٠,٠٠١ ضغط جوي ، ودرجة الحرارة تتراوح ما بين ٩٠٠إلى ١٠٠٠ْ م يتم التخلص من الكلوريدات الفلزية مثل كلوريدات المغنيسيوم وكلوريدات التيتانيوم مع المغنيسيوم بينما يبقى التيتانيوم الإسفنجي في المفاعل.

يعالج التيتانيوم الإسفنجي بخليط من حامض كلوريد الهيدروجين والنيتروجين لتنقيته ، ويتم ذلك في خزانات أو إسطوانة التيتانيوم الدوّارة بشكل مائل وتحتوي بداخلها على زعانف لولبية. يجب التخلص من الحرارة الناتجة من تفاعل ثاني كلوريد المغنيسيوم بحيث لا تزيدعن ٢٥ْ م. يقوم التيتانيوم الإسفنجي أثناء عملية التنقية بإمتصاص الهيدروجين ، والذي يمكن إزالته بالإنصهار في فرن القوس الكهربي المفرغ بإستخدام مفرغة ذات كفاءة عالية.

تتراوح عادة سعة مفاعلات الإختزال التي تعمل بالغاز ما بين ١,٥إلى ١٠طن ، ويتطلب إنتاج ١كجم تقريباً من التيتانيوم الإسفنجي ٣,٩٦كجم من رابع كلوريد التيتانيوم ، و ١,٠١٥كجم مغنيسيوم ، و ٣,٩٧٤كجم من ثاني كلوريد المغنيسيوم.

* **إختزال رابع فلوريد التيتانيوم بالسيليكون:** ويميزها عن طريقة إختزال رابع كلوريد التيتانيوم إنتاج إسفنجة تيتانيوم عالية النقاوة ، وفيها يتم أولاً إنتاج رابع فلوريد التيتانيوم من تفاعل ثاني أكسيد التيتانيوم مع الهيدروجين ثم تنقيته بواسطة التسامي (Sublimation) ، ويلي ذلك إختزال الكلوريد المنتج بالسيليكون للحصول على التيتانيوم الإسفنجي عالي النقاوة (يحتوي على ٠,٠٠٩٪ فقط سيليكون).

● التكسير الحراري لهاليدات التيتانيوم

تعد طريقة **فان آركل** (Van Arkel) **ودي بوير** (De Boer) أقدم طريقة لهذا النوع ، والتي يتم فيها تكسير رباعي يوديد التيتانيوم عند درجة حرارة ١٠٠٠ْم على أسلاك من التنجستين مسخنة كهربائياً ، ويمكن الحصول على تيتانيوم خالي من التنجستين وذو نقاوة عالية إذا إستخدمت قضبان أو الياف بلورية من التيتانيوم. وفي هذه الحالة يتفاعل اليود المتحرر مع التيتانيوم الخام لتكوين رباعي يوديد التيتانيوم تحت درجة حرارة أقل من ٢٠٠ْ م أو أعلى من ٥٠٠ْ م ، وعندما تكون درجة الحرارة فوق ٢٠٠ْم فإنه ستتكون يوديدات تيتانيوم رديئة (TiI_2, TiI_3) ، تقوم بدور الناقل للتيتانيوم عند رفع درجة الحرارة إلى أعلى من ٥٠٠ْ م ، وذلك لمقاومتها العالية للتطاير (Volatility) ، وبهذه الطريقة يمكن الحصول على تيتانيوم عالي النقاوة سواءً من التيتانيوم الخام أو من التيتانيوم الخردة.

يمكن تحضير التيتانيوم عالي النقاوة بواسطة التكسير الحراري لثاني كلوريد أو ثاني بروميد التيتانيوم. بإمرار رباعي كلوريد التيتانيوم على مواد تحتوي على التيتانيوم (خردة التيتانيوم ، خام التيتانيوم ، سبائك التيتانيوم)عند درجة حرارة تتراوح ما بين ٩٥٠إلى ١٥٠٠ْم فيتفاعل التيتانيوم الموجود في تلك المواد مكوناً ثاني كلوريد التيتانيوم على هيئة بخار ، ثم يتكثف ويتحلل عند درجةحرارة ١٠٠٠ْم. فينتج التيتانيوم ورابع كلوريد التيتانيوم الذي يستخدم مرة أخرى ، كما في المعادلة التالية:

$$Ti + TiCl_4 \xrightarrow{1000C^{\circ}} 2TiCl_2$$

● تحضيره من الخردة

إنتشر في الآونة الأخيرة إستخدام خردة التيتانيوم كمواد خام للحصول على التيتانيوم بدلاً من التيتانيوم الإسفنجي ، خصوصاً بعد أن إتسع إنتاجه ، وتوفرت كميات كبيرة من الخردة . حيث يتم معالجتها ، وإزالة الشوائب الملتصقة بها ، وتصنيفها حسب نوعها قبل صهرها .

تستخدم خردة التيتانيوم غير المعالجة كمواد مضافة لسبائك الفولاذ والنيكل والألمنيوم والنحاس والخارصين ، وفي إنتاج السبائك الرئيسية مثل سبيكة تيتانيوم الحديد.

تحصل الولايات المتحدة على ٤٠٪ من إستهلاكها من فلز التيتانيوم من إعادة تصنيع خردة التيتانيوم ، أما أوربا فتتراوح النسبة ما بين ١٠–٣٠٪ ويعود ذلك لرخص ثمن التيتانيوم الإسفنجي فيها.

سبائك التيتانيوم

الهدف الأساسي من إضافة المعادن إلى التيتانيوم هو تحسين خواصه الميكانيكية ،

والطبيعية، والكيميائية، فمثلاً يؤدي إضافة ١٥,٠٪ من البلاديوم (Pd) وكميات قليلة من النيكل والموليبدنيوم إلى زيادة مقاومته للتآكل.

يوجد عدد كبير من سبائك التيتانيوم، يوضحها الجدول (٢).

● الخواص الطبيعية للسبائك

تتراوح كثافة سبائك التيتانيوم التجارية من الأنواع (ألفا)، و(ألفا+بيتا) ما بين ٤,٣٧-٤,٥٦ جم/سم٣، أما السبيكة من نوع بيتا فتصل كثافتها إلى ٤,٩٤ جم/سم٣. ويزداد معامل مرونة السبيكة وصلابتها كلما زاد محتواها من العناصر الإنتقالية والألمنيوم.

يصل معامل التمدد الطولي لسبائك التيتانيوم من النوع (ألفا) و (ألفا+بيتا) إلى ٩,٥×١٠$^{-٦}$×ك$^{-١}$ تقريباً، وتشبه السعة الحرارية لسبائك التيتانيوم السعة الحرارية للتيتانيوم إلا أنها تكون أعلى قليلاً بالنسبة للسبائك من نوع (ألفا+بيتا)، أما التوصيل الحراري لسبائك التيتانيوم فتعادل نصف معدلها في التيتانيوم.

● المقاومة الكيميائية

يؤدي إضافة الفلزات النفيسة والفلزات الأخرى مثل الموليبدنيوم والزركون والنيكل والتانتالم والنوبيوم إلى تحسين مقاومة التيتانيوم للتآكل، بينما تؤدي إضافة الحديد والكروم والألمنيوم والأكسجين والنيتروجين والهيدروجين إلى إضعاف مقاومته للتآكل. ومع زيادة كمية الألمنيوم في سبائك التيتانيوم فإن قابليتها للإجهاد الناتج عن التآكل تزداد عند درجة حرارة أقل من ٢٠٠°م.

الإستخدامات

يؤدي إستخدام التيتانيوم التجاري النقي أو التيتانيوم المحتوي على بلاديوم إلى إطالة عمر المنتج وتقليل تكلفة الصيانة، كما يقلل من معدل التلوث بالحديد، وللتيتانيوم إستخدامات هامة تشمل ما يلي:

● الصناعات الكيميائية

يستخدم في الصناعات البتروكيميائية وإنتاج بعض الأحماض، كما يستخدم في جميع الأجهزة الكيميائية بما فيها مفاعلات الضغط.

السبيكة	مقاومة الشد (MPa)	مقاومة الخضوع (MPa)	الكثافة	معامل المرونة (GPa)	المتطلب الأساسي
Ti5A12.5Sn	٨٢٠	٧٨٠	٤,٤٨	١١٠	عالي المقاومة
Ti6Al2Sn4Zr2MoSi	٩٠٠	٨٣٠	٤,٥٤	١١٤	عالي المقاومة للحرارة
Ti6Al5Zr0.5MoSi	٩٥٠	٨٨٠	٤,٤٥	١٢٥	عالي المقاومة للحرارة
Ti5.8Al4Sn3.5Zr0.7Nb 0.5Mo0.2Si0.05C	١٠٢٠	٩١٠	٤,٥٥	١٢٠	عالي المقاومة للحرارة
Ti6Al4V	٩٠٠	٨٣٠	٤,٤٣	١١٤	عالي المقاومة
Ti4Al4Mo2Sn	١١٠٠	٩٦٠	٤,٦٠	١١٤	عالي المقاومة
Ti6Al6V2Sn	١٠٣٠	٩٧٠	٤,٥٤	١١٦	عالي المقاومة
Ti10V2Fe3Al	١٢٥٠	١١٠٠	٤,٦٥	١٠٣	عالي المقاومة
Ti15V3Cr3Sn3Al	١٠٠٠	٩٦٥	٤,٧٦	١٠٣	عالي المقاومة
Ti3Al8V6Cr4Zr4ZraMo	١١٧٠	١١٠٠	٤,٨٢	١٠٣	عالي المقاومة للتآكل
Ti15Mo3Nb3AlSi	١٠٢٠	٩٦٥	٤,٩٤	٩٦	عالي المقاومة للتآكل

● جدول (٢) خواص المقاومة لسبائك التيتانيوم المختلفة عند درجة حرارة الغرفة.

● صناعة الطعام

يدخل التيتانيوم في صناعة أدوات الطبخ وأجهزة الخلط والأواني، وذلك لأنه مقاوم للأحماض العضوية.

● الصناعات السيليلوزية

يستخدم التيتانيوم في مصانع السيليلوز والورق والأنسجة، لأنه هام في مقاومة الهيبوكلورايت والكلورايت وثاني أكسيد الكلور.

● أبحاث البحار

يستخم التيتانيوم في تحلية المياه وفي أنظمة تبريد محطات الطاقة، ويستخدم في آلات الحفر داخل البحر وخارجه. وقد إستخدم في الإكتشاف تحت سطح الماء والمنشآت تحت سطح البحر.

● صناعة الفضاء

تعد صناعة الطائرات والمركبات الفضائية أكبر مستهلك لسبائك التيتانيوم، فهي تستخدم في صناعة جميع أجزاء المركبات الفضائية والطائرات بجميع أنواعها المدنية والحربية، وذلك لخفة وزنها، وزيادة كفاءتها في مقاومة درجات الحرارة العالية. تحتوي محركات الطائرات التي سرعتها أقل من سرعة الصوت على ٢٠-٣٥٪ من وزنها تيتانيوم، مما خفض وزنها بنسبة ٢٢٪ تقريباً. وقد وصل تقليص الوزن في هياكل الطائرات نتيجة لإستخدام التيتانيوم إلى ١٧٪ تقريباً، خصوصاً مع تقدم صناعة الطائرات وزيادة سرعتها، فبلغت نسبته حوالى ٨٪ في الطائرات المدنية، و٢٥٪ أو أكثر في الطائرات الحربية الأسرع من الصوت.

● إستخدامات إخرى

يدخل التيتانيوم في صناعة السيارات حيث تدخل سبائكه في صناعة محركات وهياكل حمل السيارات ذات الأداء العالي، كما تستخدم في صناعة الأنابيب الإليكترونية المستخدمة في القياس والتحكم والتقنيات الكهربية، ومضاعفات (Amplifiers) الأشعة السينية، وكاميرات التلفزيون، وأجهزة الكشف عن أعماق البحار التي تعمل بالموجات الصوتية، وفي الطب يستخدم التيتانيوم والسبيكة (Ti6Al4V) في الجراحة الداخلية الترقيعية، وفي صناعة المسامير المستخدمة في تثبيت العظام المكسورة، وأجهزة تنظيم ضربات القلب، والآلات الجراحية وذلك لتلاءمها مع جسم الإنسان. أما إستخداماته في الهندسة الدقيقة والعدسات فتشمل الأجزاء الدوارة في أجهزة الطرد المركزي، وبراويز النظارات، والساعات، وأجهزة لعب القولف، وأجهزة تظهير الأفلام، ومع أنه ملائم للتوربينات البخارية إلا أنه لم يستخدم بشكل واسع.

الأضرار الصحية

فلز التيتانيوم ليس عنصراً أساسياً لجسم الإنسان، وتركيزه في الدم لا يتجاوز ٠,٠٧ ملجم/لتر، وسميته قليلة نسبياً مقارنة بالفلزات الثقيلة الأخرى، إلا أن مركباته تختلف سميتها بدرجة كبيرة

حسب خواصها االطبيعية (مثل الذوبانية في الماء) ، والتفاعلات الكيميائية.

تدخل مركبات التيتانيوم مثل ثاني أكسيد التيتانيوم ، وساليسلات التيتانيوم ، وتانايت التيتانيوم بشكل واسع في الصيدلانيات وأدوات التجميل ولم يثبت وجود أي آثار جانبية لها ، أما مشتقات بنتادائنيل التيتانيوم الحلقي الأيوني (Ionic cyclopentadienyltitanium) فقد أثبتت فعاليتها كمضادات لأورام سرطانية معينة في حيوانات التجارب.

ليس لثاني أكسيد التيتانيوم أية آثار سمية ، وقد وجد أن معدل الكمية التي يأخذها الإنسان من هذه المادة تتراوح ما بين ٠,٣-٠,٥ ملجم/يوم ، وأن نفس هذه الكمية تقريباً تطرد من الجسم عن طريق البول والبراز. وتعد الرئتان والعقد اللمفاوية الهدف الرئيسي لتراكم ثاني أكسيد التيتانيوم ، وتتركز آثاره على صحة الإنسان في التعرض له لفترات طويلة خصوصاً في العمل نتيجة لترسبه في الرئتين ، ولذا يجب عمل كشف طبي دوري بما فيها عمل الأشعة للصدر وإختبار وظائف التنفس لمن يتعرضون له في العمل.

يمثل رابع كلوريد التيتانيوم مادة خطرة جداً على صحة الإنسان ، فتلامسه مع الجلد والأغشية المخاطية يؤدي إلى تهيجها الحاد ، وإلى موت الخلايا الحية نتيجة لتكون حامض الكلور بالحلمأة. كما أنه قد يصيب العين بالعمى إذا لامسها ، أما بخاره فيسبب إسالة الدموع وتهيج القناة التنفسية السفلى ، والإستسقاء الرئوي الحاد.

وتتم المعالجة عند التعرض لرابع كلوريد التيتانيوم بإزالة المادة الجافة مباشرة دون إستخدام الماء عند ملامسته للجلد ، أما الآثار المتبقية منه فتزال بالصابون مع كميات كبيرة من الماء ، أما في حالة العين فيجب غسلها بكميات كبيرة من الماء ، وإستخدام قطرة العين آيزوقت (Isogutt) ، ومراجعة الطبيب حالاً. وفي حالة إستنشاق بخار رابع كلوريد التيتانيوم فيجب إستخدام تحضيرات من الكورتيزون لتلافي حدوث إستسقاء للرئتين ، وفي الحالات الحادة يجب أن يبقى المريض تحت الملاحظة الطبية لمدة ٢٤ ساعة.

بروتينات لزراعة الأعضاء

أصبح من المألوف للأطباء الذين يقومون بزراعة الأعضاء أن يرفض جسم المريض الأعضاء المزروعة له بسبب تعرض جهازه المناعي لهذه الأجسام الغريبة عليه والقضاء عليها ، ومن أجل ذلك يتم اللجوء إلى تثبيط الجهاز المناعي بالقدر الذي يبقي هذه الأعضاء المزروعة في الجسم لتؤدي وظيفتها التعويضية لانقاذ المريض من الموت . ولكن يعاب على المواد المثبطة للجهاز المناعي أنه لايمكن الاستغناء عنها مدى الحياة فضلاً عن آثارها الجانبية المتمثلة في ضعف المناعة مما يجعل المريض عرضة للكائنات المرضة الانتهازية .

أما الآن فقد ظهرت بوادر لإمكانية التغلب على هذه المشكلة باكتشاف وجود بروتينين - تم استخلاصهما من القرود الهندية قصيرة الذيل (Rhesus Monkeys) - يمكنهما إيقاف عملية رفض الأعضاء المزروعة حتى لو تم إيقاف استخدام الأدوية المثبطة للجهاز المناعي وبدون إيقاف الإستجابة المناعية للجسم بشكل عام .

تم اختبار البروتين (CTL A4-Ig) والبروتين (5C8) اللذان تم إنتاجهما بواسطة الهندسة الوراثية من القرود الهندية قصيرة الذيل على إثنى عشر قرداً زرعت لها كُلى تم أخذها من قردة أخرى غير القرود الهندية قصيرة الذيل . وقد كانت النتيجة نجاح البروتينين المذكورين في عكس آلية رفض الكلى المزروعة بوساطة الجهاز المناعي للقردة .

قام الباحثون في جامعة ويسكنسن - الذين أجروا التجربة المذكورة بإعطاء ثمانية من القردة أحد أو كلا البروتينين (CTL A4-Ig) و (5C8) حيث لاحظوا أن أجسام القرود التي لم تأخذ أي من البروتينين (عددها أربعة) أو الأدوية المثبطة للمناعة رفضت الكلى المزروعة خلال ثمانية أيام .

أما القرود الثمانية فإن إثنان منهما أخذا كميات متساوية من البروتينين لمدة أربعة أسابيع من الزراعة وبقيا بصحة جيدة لأكثر من ١٥٠ يوماً. ومن القرود الستة الباقية فإن اثنين منها أخذ كمية متساوية من البروتين لمدة أسبوعين بعد الزراعة حيث توفي أحدهما لأسباب لاعلاقة لها بالزراعة بينما بقي الآخر لحوالي مائة يوم قبل رفضه للعضو المزروع (الكلية) .

ما تبقى من القرود الثمانية - عددها أربعة - خضع اثنان منها إلى البروتين (CTL A4-Ig) فقط حيث رفضا الكلى المزروعة لهما خلال شهر ، أما اللذان خضعا للبروتين (5C8) فقد حدث رفضهما للكلى المزروعة بعد مائة يوم تقريباً .

بعد ذلك أخضعت القرود الثلاثة التي أخذت احد البروتينين وبقيت على قيد الحياة إلى كمية متساوية من البروتينين مجتمعة (CTL A4-Ig) و (5C8) ولفترة وجيزة حيث تحسنت صحتها .

ويذكر **ستوارت كينشتل** (Stuart J. Knechtle)رئيس فريق الدراسة المذكورة أن مقدرة هذين البروتينين على عكس عملية الرفض المناعي لم تكن متوقعة بل أنهم مندهشون لمقدرة البروتين (5C8) وحده لإبقاء القردة لفترة طويلة (١٠٠ يوم) .

ولايعلم الباحثون الكيفية التي يعمل بها هذين البروتينين في كبح عملية الرفض المناعي ، غير أن **جون فنق** (John J Fuing) الذي أجرى دراسة أخرى على القوارض بجامعة بتسبيرج يرى أن هذين البروتينين قد يهيئان وسطاً يثبط الجهاز المناعي لخلايا - ت بقدر جعل القرود التي أخذتهما بعيداً عن الأمراض الإنتهازية التي تغزو الجسم بعد ضعف المناعة .

ويبقى الطريق طويلاً لاستخدام هذه التقنية على الإنسان حيث يلزم تجربتها بشكل واسع على حيوانات التجارب قبل نقلها للإنسان .

المصدر :

Science News, Vol 152, August 1997, p84

الخارصين

أ. عبدالله بن محمد العبدالرحمن

الخارصين هو الاسم العربي للزنك (Zn)، ويرجع هذا الاسم إلى أصول لاتينية تعني الراسب الأبيض، ويحتمل أن يكون الاسم مشتقاً من الكلمة الألمانية (Zinke) وتعني أسنان المشط حيث أن شكل الخام في فرن الصهر شبيه بذلك. كما أنه قد يكون مشتقاً من الكلمة الفارسية (Seng) وتعني الحجر. وعلى الرغم من أن قدماء اليونان والرومان عرفوا النحاس الأصفر (Brass) ـ سبيكة مكونة من النحاس والخارصين ـ قبل الميلاد إلا أنهم لم يتعرفوا على فلز الخارصين.

تأخر الحصول على فلز الخارصين زمناً طويلاً ـ مقارنة مع النحاس والرصاص والحديد التي تم انتاجها قبل الميلاد بالآف السنين ـ وذلك بسبب إنخفاض درجة غليان الخارصين. حيث أنه عند استخلاص الرصاص المختلط ـ عادة ـ مع أكسيد الخارصين في فرن الصهر (١٠٠٠مْ) يغلي الخارصين ويتبخر من الفرن.

أنتج الخارصين في الهند والصين في حوالي القرن الرابع عشر الميلادي وربما قبل ذلك حيث وجدت عملات معدنية في الصين في الفترة من ١٣٦٨إلى ١٦٤٤م مكونة من ٩٩٪ من الخارصين، و ١٪ نحاس. كما وجدت في الهند بقايا عمليات صهر الخارصين دلت على وجوده في القرن الرابع عشر الميلادي.

وفي عام ١٦١٧م قام **لوهنيس(Lohneyss)** بدراسة عينات من الخارصين المستورد من الهند والصين حيث لاحظ الفلز وأطلق عليه اسم الزنك. وفي عام ١٧٢١م تمكن **هنكل (Henkel)** من تحضير الخارصين من خام السميثسونيت ($ZnCO_3$) إلا أنه لم يكشف عن الطريقة. وفي برلين تمكن **مارجراف (Marggraf)** عام ١٧٤٦م من إنتاج الخارصين وذلك بتقطير خام السميثسونيت في وعاء مغلق، وقام بوصف أساسيات تحضيره بدقه، وبذلك يكون له السبق في وضع الأسس النظرية لإنتاج الخارصين.

أنشيء أول مصنع لإنتاج الخارصين بالتقطير ـ تجاريا ـ في بريستول بطاقة إنتاجية قدرها ٢٠٠ طن في السنة. وفي ألمانيا عرفت صناعة الخارصين بواسطة **روبرغ (Ruberg)** حيث بدأت عمليات صهر الخارصين بواسطة المعوجات الأفقية(Horizontal retorts)في عام ١٧٩٨م.

ترجع أهمية الخارصين لإستخدامه في عمليات جلفنة الحديد والصلب، وصناعة السبائك والطلاء. وللخارصين أهمية خاصة للنبات والحيوان، حيث يعد أحد مكونات هرمون الأنسولين. كما أنه يدخل كعامل مساعد في مايقارب ٤٠ من الإنزيمات المختلفة في الجسم التي تغطي كل العمليات الفسيولوجية الرئيسية، فضلا عن أهميتة في تكوين الأحماض النووية والبروتينات ونمو الخلية.

وجود الفلز في الطبيعة

يوجد الخارصين في القشرة الأرضية بتركيز يبلغ حوالي٦٥جم/طن، ويعد العنصر رقم ٢٤ من حيث إنتشاره فيها، ويوجد الخارصين على هيئة عدة خامات يوضحها الجدول (١).

يقدر الاحتياطي العالمي من الخارصين بحوالي ١٨٥ مليون طن منها ٢٠٪ في كندا ـ تعد أكبر دولة في العالم لاحتياطي الخارصين ـ ويتوزع الباقي على عدة دول أهمها الولايات المتحدة الامريكية وأستراليا، واليابان، وبيرو، وأسبانيا، والسويد، وأيرلندا، والمكسيك، وتبلغ كمية الاحتياطي غير المؤكد من الخارصين

الخام	الصيغة
مخلوط الخارصين او السفاليرايت	ZnS
المارماتيت	(Zn Fe)S
سميثسونايت	$ZnCO_3$
هيمورفت	$4ZnO.\ 2SiO_2.2H_2O$
هيدروزينسيت	$5ZnO.\ 2CO_2.\ 3H_2O$
زينسيت	ZnO
ويلميت	$2ZnO.\ SiO_2$
فرانكلينيت	$(ZnO,MnO)Fe_2O$

● جدول (١) أهم خامات الخارصين

حوالي ١١٨ مليون طن، ويبلغ الانتاج السنوي منه حوالي ٧ مليون طن، ينتج بعضها بصورة ثانوية من الغبار النا تج من مصانع الفولاذ، ومن أفران صهر الرصاص، بينما ينتج البعض الآخر بالطرق الحرارية.

يوجد الخارصين في المملكة العربية السعودية في عدة مواقع ـ بكميات متفاوتة ـ أهمها المصانع (جنوب غرب المملكة) ويحتوى على احتياطي من الخارصين حوالي ٧ مليون طن بنسبة تركيز ٣ر٥٪ من الخارصين، والنقرة (شمال غرب المملكة) حيث يوجد بها الخارصين بنسبة تركيز١١٪، فضلاً عن ذلك يتم إنتاج حوالي ٣٠٠٠ طن من الخارصين سنويا كناتج جانبي ضمن عملية استغلال الذهب في منجم مهد الذهب.

الخواص الفيزيائية والكيميائية

الخارصين فلز أبيض ضارب للزرقة

متقصف، إلا أنه يصبح لينا وقابلا للسحب عند درجة حرارة تتراوح بين ١٠٠-١٥٠ْ م.
ويتميز الخارصين بمقاومتة للصدأ، وسهولة طحنه وتحويله إلى مسحوق، وتبلغ درجة غليانه (٩٠٧ْم) وهي درجة منخفضة مقارنة مع الفلزات الأخرى (مثل الحديد، الرصاص) الموجودة في خاماته مما يوفر ميزة هامة في إنتاجه بالطرق الحرارية، ويشتعل الخارصين عندما يكون على شكل مسحوق عند تسخينه في الهواء إلى ١٠٠٠ْم معطيا لهباً أبيضاً. ويوضح الجدول (٢) أهم الخواص الفيزيائية للخارصين.

الخاصية	القيمة
العدد الذري	٣٠
الكتلة الذرية (و.ك.ذ)	٦٥,٣٧
التكافؤ	٢+
نصف القطر الذري (انجستروم)	١,٣٣
نصف القطر الأيوني Zn^{2+} (انجستروم)	٠,٧٨
الكثافة عند درجة ٢٥ْم (جم/سم٣)	٧,١٤
درجة الانصهار (مْ)	٤١٩,٥
درجة الغليان (مْ)	٩٠٧
الجهد القياسي (فولت)	٠,٧٦
حرارة الانصهار عند ٤١٩,٥ْم (جول/مول)	٧٣٨٤
حرارة الغليان عند ٩٠٧ْم (جول/مول)	١١٤٧٦٧
الحرارة النوعية عند ٥٠ْم (جول/جم/مْ)	٠,٤
التوصيل الحراري عند ٤١٩ْم (جول/سم ثانية مْ)	٠,٩٦
جهد التاين Zn^{2+} (إلكترون فولت)	٢٧,٢

● جدول (٢) أهم الخواص الفيزيائية للخارصين

يتفاعل الخارصين مع الأحماض المعدنية ويتصاعد غاز الهيدروجين، ماعدا مع حامض النيتروجين الذي يؤدي إلى تصاعد أكاسيد النيتروجين. وعندما يكون الخارصين عالي النقاوة فإنه يتفاعل ببطء مع الأحماض، ويعد عاملاً مختزلاً قوياً، خاصة عند وجوده على هيئة مسحوق أو حبيبات، ويتفاعل مع المحاليل القلوية محرراً غاز الهيدروجين كالتالي :-

$$Zn + 2NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + H_2$$

يعمل الهواء الرطب على إطفاء بريق الخارصين من خلال إكسابه طبقة رقيقة من أكسيد الخارصين الذي يمنع أكسدة الطبقة التالية. يتميز كل من كلوريد وكبريتات الخارصين بذوبانيتهما العالية في الماء، بينما تتصف مركبات الخارصين الأخرى (الأكسيد والكربونات والفوسفات والسيليكات) بأنها غير ذوابة أو ضعيفة الذوبان في الماء.

إستخلاص الخارصين

لايوجد الخارصين في الحالة الحرة، إنما يوجد متحداً مع بعض العناصر الأخرى مثل الكبريت، أو الأكسجين، أو السيليكون، أو الحديد، أو المنجنيز مشكلاً خاماته. كما تحتوي خامات الخارصين على بعض الفلزات مثل الرصاص، والذهب، والفضة، والكادميوم. ويعد خام السفاليرايت (Sphalerite) أهم خامات الخارصين، ويعد المصدر الرئيسي له حيث يحتوي على ٣٠٪ - ٥٠٪ خارصين.

تبدأ عملية استخلاص الخارصين بالمعالجة الأولية ويتم فيها تكسير الخام وطحنه، ثم تركيزه بواسطة التعويم (Floatation)، حيث يفصل خام الخارصين عن خامات العناصر الأخرى مثل الرصاص والنحاس. يلي ذلك تحميص (Roasting) الخام الموجود على شكل كبريتيد الخارصين حيث أنه في حالة استخدام طرق التعدين الحراري يجب أكسدة الخام أكسدة تامة بوجود كمية كافية من الأكسجين ليلامس دقائق الخام المراد تحميصه وفقا للتفاعل التالي :-

$$ZnS + \frac{3}{2}O_2 \xrightarrow{800^{\circ}C} ZnO + SO_2$$

يسحب غاز ثاني أكسيد الكبريت من منطقة التفاعل بسرعة للاستفادة منه في صناعة حامض الكبريتيك.

يتم تفاعل الأكسدة عند درجة حرارة أعلى من ٨٠٠ْم ليكون الناتج أكسيد الخارصين فقط، أما عند استخدام طريقة التعدين المائي فإن درجة حرارة أكسدة كبريتيد الخارصين تصل الى ٨٠٠ْم أو أقل حيث ينتج كبريتات الخارصين كالتالي :-

$$ZnS + 2O_2 \rightarrow ZnSO_4$$

بعد تحويل خامات الخارصين إلى الأكسيد (ZnO) بالطرق السابقة، يتم استخلاص الفلز بعدة طرق أهمها مايلي :-

● التعدين الحراري

توجد طرق متعددة للتعدين الحراري (Pyrometaullurgical Methods)، يوضحها بشكل عام الشكل (١)، وهي كالتالي :-

*** المعوجات (Retorts) :**

ويتم فيها اختزال أكسيد الخارصين المحمص بالفحم وفقا للتفاعل التالي :-

$$ZnO + C \rightleftharpoons Zn + CO$$

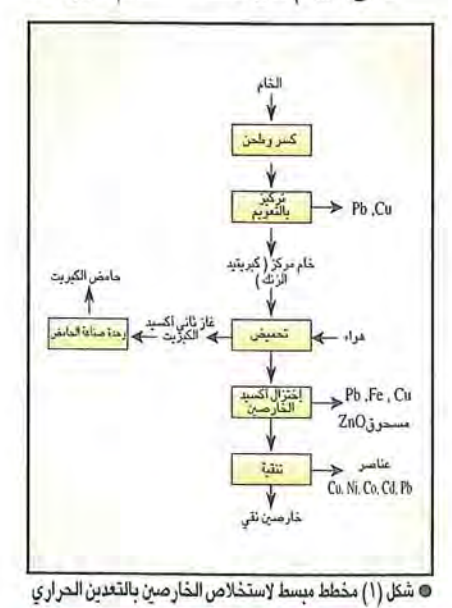
يبدأ التفاعل عند درجة حرارة ١١٠٠ْم، ترتفع بعدها الى ١٣٠٠ْم، فيتكون خارصين في الحالة الغازية حيث يتم تكثيفه إلى الحالة السائلة، ثم تنقيته. ويمكن إنتاج الخارصين في المعوجات بطريقتين هما :-

- الاختزال في المعوجات الأفقية (Horizontal Retorts): وقد تم إستخدامها أول مرة عام ١٨٠٠م، ويختلف شكل المعوجات وطريقة اتصالها أفقيا بالفرن، وكذلك طريقة توصيل المستقبلات للناتج.

تثبت المعوجات في الفرن في أربع مجموعات أو أكثر كل منها تحتوى على مايقارب ١٠٠ معوجة، بقطر حوالي ٣٥ سم، وطول ١,٧ متر، وبسعة ٦٠-٧٠كجم. حيث ترص المعوجات بشكل أفقي بعضها فوق بعض، ويوضع بها خام الخارصين مع المادة المختزلة (مثل الفحم)، ثم يسخن الفرن إلى درجة حرارة ١٣٠٠ْم ليتم تكثيف الخارصين الناتج.

يتراوح الوقت اللازم للعملية الواحدة بين ٢٤ إلى ٤٨ ساعة، ويفرغ المتبقي بالأنابيب ثم تعبأ من جديد وهكذا.

على الرغم من استخدام طريقة



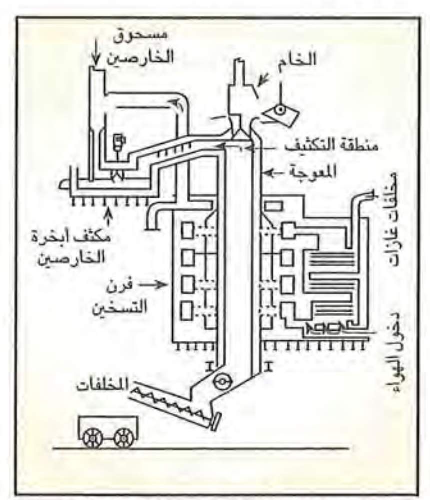
● شكل (١) مخطط مبسط لاستخلاص الخارصين بالتعدين الحراري

المعوجات الأفقية سابقا في إنتاج معظم الخارصين، إلا أنها غير محبذة في الوقت الحاضر وذلك لعدة أسباب منها: قلة كفاءتها حيث يمكنها استخلاص حوالي ٦٠٪ فقط من الخارصين الموجود في الخام، وقصر عمر المعوجة وخاصة المواد المبطنة لها، واحتياجها لطاقة عالية وأيدي عاملة كثيرة، وتعد من عمليات الانتاج المتقطع (Batch - Operated).

ـ الإختزال في المعوجات العمودية (Reduction in Vertical Retorts):

وهي طريقة مطورة للمعوجات الأفقية، وقد استخدمت منذ عام ١٩١٣م.

تصنع المعوجة من كربيد السيليكون، وذلك بارتفاع ١٤م، وطول ١٫٨٥ م، وعرض ٠٫٣ م، وتوضع في الفرن على شكل متوازي مستطيلات مع وجود فواصل بينها، شكل (٢).



● شكل (٢) إختزال الخارصين بالمعوجات العمودية

تتم عملية الاختزال بادخال الشحنة التي تتكون من الخام المحمص (أكسيد الخارصين على شكل قوالب) مع العامل المختزل (الفحم) في درجة حرارة مابين ٧٥٠-٨٠٠م. ثم ترفع درجة حرارة الشحنة إلى ٩٠٠م من خلال تسخين الفرن خارجياً بارتفاع ٩ أمتار من أسفل المعوجة إلى درجة حرارة ١٢٠٠-١٣٠٠م بينما تبقى المنطقة الأخرى ـ منطقة التكثيف ـ بطول خمسة أمتار دون تسخين.

تحدث تفاعلات الاختزال لتكوين الخارصين وغاز أول أكسيد الكربون. ويتم سحب أبخرة الخارصين من فتحة في أعلى الفرن إلى جهاز التكثيف لتمر على حوض من الخارصين المائع عند درجة حرارة ٥٠٠م فيتكثف الخارصين، ثم تخرج الغازات التي تحتوي على نسبة كبيرة من أول أكسيد الكربون الذي يشكل أثناء عملية التكثيف طبقة تمنع وصول الهواء، وبالتالي عدم أكسدة أبخرة الخارصين، كما يستفاد من الغاز بعد تنظيفه كوقود للمعوجة.

※ الفرن العاصف (The Blast Furnace):

ويعد تطوراً لانتاج الفلز ـ مقارنة بطريقة المعوجات ـ حيث تقل كمية الغاز الخارج المكون من بخار الخارصين إلى ٦٪، وغاز أول أكسيد الكربون إلى ٢٠٪، وغاز ثاني أكسيد الكربون إلى ١٢٪، فضلا عن الحصول على كمية أكبر من الخارصين من خاماته.

يتم إنتاج الخارصين بطريقة الفرن العاصف بإدخال الشحنة المكونة من أكسيد الخارصين وفحم الكوك ـ المحسن مسبقاً ـ عند درجة حرارة ٥٠٠م من أعلى الفرن، يقابلها من أسفله هواء ساخن عند ٩٠٠م. وتجري عمليات الصهر الاختزالي داخل الفرن وفقا للتفاعلات التالية :ـ

$$C + 1/2\,O_2 = CO$$
$$C + O_2 = CO_2$$
$$CO_2 + C = 2CO$$
$$ZnO + CO = Zn + CO_2$$
$$PbO + CO = Pb + CO_2$$

تنتج حرارة الاختزال المستخدمة في التفاعلات السابقة من أكسدة فحم الكوك إلى غاز أول وثاني أكسيد الكربون عند درجة حرارة ١٣٠٠م، ويتفاعل غاز أول أكسيد الكربون الناتج مع كل من أكسيد الخارصين وأكسيد الرصاص، حيث يتم اختزالهما إلى خارصين ورصاص، إلا أن أكاسيد الحديد المتواجدة في الخام لاتختزل، لذا فإنها تدخل إلى طور الخبث مع بعض الشوائب المعدنية الأخرى، حيث يتم سحبها من أسفل الفرن، كما يتم سحب مزيج الأبخرة وغسلها برذاذ الرصاص المصهور عند ١٠٠٠م، ثم تبرد بصورة مفاجئة في مكثف من الرصاص المصهور عند درجة حرارة ٥٥٠م، وذلك وفقاً للمعادلة التالية:ـ

$$ZnO + CO \rightarrow Zn + CO_2$$

ينتج الخارصين على شكل سائل مختلطا مع مصهور الرصاص، ثم يسحب المصهور من المكثف ويبرد إلى درجة حرارة ٤٠٠م فينفصل الخارصين مع نسبة من الرصاص (حوالي ١٪)، ثم يعاد مصهور الرصاص إلى المكثف مرة أخرى لإستخدامه في التكثيف.

تبلغ نقاوة الخارصين الناتج حوالي ٩٨٫٥٪، مع ١٪، رصاص فضلا عن وجود تراكيز قليلة من الزرنيخ والكادميوم، ويمكن تنقية الخارصين عند الحاجة بواسطة تكريره.

● التعدين المائي

تتميز طريقة التعدين المائي (Hydrometallurgical Method) بامكانية استعمال خامات تحتوى على كمية قليلة من الخارصين، وبسهولة فصل الشوائب الفلزية في الخام، والحصول على خارصين عالي النقاوة (٩٩٫٩٩٧٪ خارصين).

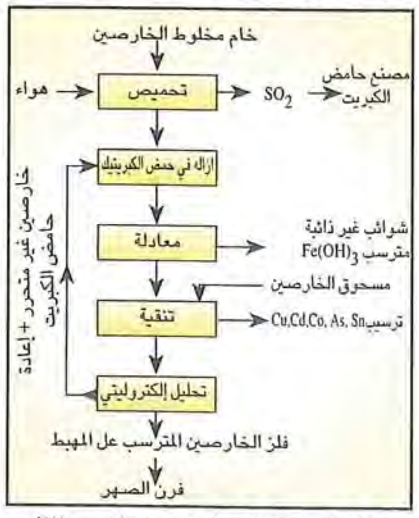
يتم استخلاص الخارصين بوساطة التعدين المائي، شكل (٣) من خلال الخطوات التالية :ـ

١ـ إذابة خام الخارصين المكون من أكسيد وكبريتات الخارصين في حامض الكبريت (١٠٠-١٥٠جم/لتر)، حيث يذوب أكسيد الخارصين وفقاً للمعادلة التالية:ـ

$$ZnO + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2O$$

تستمر عملية إذابة الخام بالحامض إلى الرقم الهيدروجيني ٧و١-٩و١ حيث يتم فصل الشوائب غير الذائبة.

٢ـ معالجة المحلول الناتج من الاذابة للتخلص من الحديد الذي يوجد بصورة رئيسة على شكل كبريتات الحديد الثنائية



● شكل (٣) استخلاص الخارصين بالتعدين المائي

(Ferrous Sulphate) ، فيتم تحويلها إلى كبريتات الحديد الثلاثية وذلك بأكسدتها بواسطة ثاني أكسيد المنجنيز (MnO_2) ، أو بالهواء حيث يبدأ ترسيبها عند الرقم الهيدروجيني ٥ر٣ ويكتمل الترسيب عند الرقم ٥.

٣ـ معالجة المحلول بهيدروكسيد الكالسيوم لمعادلة حامض الكبريت حيث يترسب الحديد والألمنيوم على شكل هيدروكسيدات . أما باقي الشوائب مثل الكادميوم والنحاس والكوبالت والزرنيخ والقصدير والجرمانيوم فتترسب على شكل فلزات عند إضافة مسحوق الخارصين للمحلول ، حيث يتم فصلها أو تخفيضها لأقل كمية ممكنة.

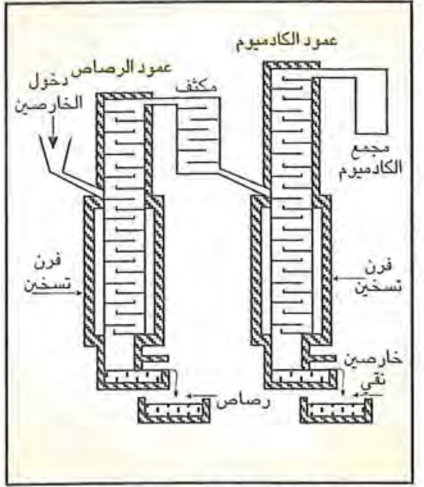
٤ـ تحلل كبريتات الخارصين كهربائياً فيتحرر الخارصين على المهبط ـ المكون من صفائح الألمنيوم النقي ـ حيث يصهر بعد ذلك في أفران كهربائية ، كما ينتج حامض الكبريت بالاضافة إلى كمية من الخارصين غير المتحررة.

تنقية الخارصين

يحتوي الخارصين المنتج بواسطة التعدين الحراري على شوائب من الرصاص والحديد والكادميوم وأحياناً الزرنيخ والأنتيمون ، ولذا يجب تنقيته حتى يمكن استعماله خاصة في صناعة السبائك التي تتطلب نقاوة تتراوح بين ٩٥ر٩٩ إلى ٩٩ر٩٩٪.

يتم تنقية الخارصين على مرحلتين وفق منظومة مكونة من عمودين إحداهما للرصاص والأخرى للكادميوم ، شكل (٤) ، حيث يتكون كل عمود من صفائح مصنوعة من السيليكون تتميز بصلابة ومقاومة وتوصيل عال للحرارة .

تتم عمليّة التنقية بتسخين النصف الأسفل من عمود فصل الرصاص إلى درجة حرارة ١١٠٠ْم ، ثم يمرر مصهور الخارصين المراد تنقيته من وسط العمود حيث يعمل الجزء العلوي منه على تكثيف الأبخرة ـ كالرصاص والحديد وبعض الشوائب الأخرى وكمية من الخارصين ـ الأقل تطايراً من الخارصين والكادميوم فتهبط إلى أسفل فرن التسخين ، بينما يتبخر الخارصين والكادميوم من أعلى العمود حيث تتكثف أبخرتهما في العمود الثاني (عمود الكادميوم) ، ثم تمرر



● شكل (٤) مخطط تنقية الخارصين

هذه الأبخرة من وسط العمود ـ درجة حرارته أقل من درجة حرارة العمود الأول ـ فيتكثف الخارصين وينزل لأسفل العمود ، بينما يتبخر الكادميوم ويخرج من أعلاه حيث يتكثف في مجمع الكادميوم.

تصل نقاوة الخارصين المنتج بهذه الطريقة إلى ٩٩,٩٩٦٪.

سبائك الخارصين

يعد الخارصين من الفلزات الهامة إقتصادياً وذلك لتميزه بانخفاض سعره ، وإمكانية اتحاده مع فلزات أخرى ـ أهمها النحاس والألمنيوم والتيتانيوم والمغنيسيوم ـ لتشكيل عدة سبائك ، جدول (٣) ، تزيد من صلادته وقوته ، وبالتالي تتحسن خواصه الميكانيكية ، ومقاومته لتآكل الحديد ، وحمايته من التآكل المهبطي.

● سبائك الصب

استخدم فلز الخارصين في صناعة سبائك قوالب الصب عام ١٩٢٩م ، إلا أنها توقفت بسبب إحتواء تلك السبائك على شوائب ـ القصدير والرصاص ـ لاتذوب في الخارصين مما يؤدي إلى سرعة تلفها . وقد أمكن التغلب على ذلك بإستخدام خارصين عالي النقاوة (٩٩,٩٩) بالإضافة إلى فلز الألمنيوم لتكوين سبائك الخارصين ـ ألمنيوم أطلق عليها اسم زاماك (Zamak) .

● سبائك خارصين ـ تيتانيوم ـ نحاس

تتشكل هذه السبائك من خارصين عالي النقاوة (٩٩,٩٩٥٪) ، وتيتانيوم (٠,٠٥٪ـ٠,٢٪) ، ونحاس (٠,٥٪ـ١٪) ، وتتميز بمقاومة عالية للشد والصلادة.

تستخدم سبائك الخارصين ـ تيتانيوم ـ نحاس بصفة أساس في المباني لتصريف المياه.

مركبات الخارصين

للخارصين عدة مركبات أهمها مايلي:ـ

● أكسيد الخارصين

يعد أكسيد الخارصين (ZnO) من أهم مركبات الخارصين ، وهو أبيض اللون يتحول عند التسخين إلى الأصفر والبني والأحمر ، ووزنه الجزيئي ٣٨ر٣١ ، وكثافته عند درجة ٢٥ْم هي ٦٨ر٥جم/سم٣ ، ودرجة انصهاره ١٩٧٥ْم .

يعرف الخام الحاوي على أكسيد الخارصين بالزنسايت (Zincite) ، ويغلب عليه اللون الأحمر وقد يميل إلى الأصفر البرتقالي نظراً لوجود بعض الشوائب في الخام مثل الحديد والمنجنيز .

لايذوب أكسيد الخارصين في الماء ، ويتفاعل مع محاليل الأحماض والقلويات مكوناً محاليل أملاح الخارصين ، ومن أهم تفاعلاته اختزاله بواسطة الكربون إلى الفلز كما سبق تفصيله في استخلاص الخارصين.

يستعمل أكسيد الخارصين في صناعة المطاط وأصباغ الخزف واللدائن وكمحفز

السبيكة	تركيبها (٪)			
	خارصين	نحاس	ألمنيوم	عناصر أخرى
سبائك مصبوبة Ag40A	٩٥,٩٦		٤	٠,٤١ مغنيسوم
Ag41A	٩٤,٩٦	١	٤	٠,٦٤ مغنيسوم
سبائك مسحوبة	٩٩,٩٢			٠,٠٨ رصاص
سبائك مسحوبة	٩٩,٤			٠,٠٢ رصاص/ ٠,٠٢ كادميوم
سبيكة Te,Cu,Zn	٩٩,٠٥	٠,٨		٠,١ تيتانيوم
قوالب الصب	٨٢	١٣		٥ رصاص
رقائق القصدير	٩٢			٨ قصدير
المعدن الابيض	٩٢		٨	
سبيكة البرونز G	٢	٨٨		١٠ قصدير
سبيكة البرونز معدل G	٤	٨٨		٨ قصدير
سبيكة النحاس الاصفر عالي الشدة	٣٨,٥	٥٨	١,٢٥	١,٢٥ حديد، ١ منجنيز
سبيكة النحاس الاصفر المحتوي على رصاص	٩	٨١		١ قصدير، ٢ رصاص

● جدول (٣) أهم سبائك الخارصين

في عملية إزالة الهيدروجين وفي صناعة المراهم والصابون.

يتم الحصول على أكسيد الخارصين بطريقتين هما :ـ

١ـ تسخين كبريتد الخارصين مع الفحم بواسطة قضبان من حديد الزهر ، ثم يمرر المخلوط إلى فرن ساخن في وجود الهواء ، حيث يختزل أكسيد الخارصين المتكون منتجاً أبخرة خارصين بالإضافة للغازات الناتجة في التفاعل . تمرر أبخرة الخارصين إلى غرفة الاحتراق ويمرر تيار من الهواء لأكسدتها وتكوين أكسيد الخارصين.

٢ـ تسخين فلز الخارصين إلى درجة الغليان ثم أكسدة أبخرته فيتكون أكسيد الخارصين ، ويتميز هذا النا تج بنقاوته العالية وخلوه من الشوائب.

• كبريتات الخارصين

يبلغ الوزن الجزيئي لكبريتات الخارصين ($Zn\ SO_4$) ١٦١,٤٤ ، وكثافتها ٣,٣٢جم/سم٣ ، وتوجد على عدة أشكال مع جزيئات الماء منها ($ZnSO_4 . H_2O$) و ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) ، وهي شديدة الذوبان في الماء حيث يذوب ١٣٨جم منها في ١٠٠ جم من الماء عند درجة ١٠°م . وعند تسخين الكبريتات أحادية جزيء الماء إلى درجة ٢٣٨°م ، فإنها تفقد هذا الجزء ، أما عندما تصل درجة الحرارة إلى ٨٠٠°م ، فإنها تتفكك إلى ثالث أكسيد الكبريت وأكسيد الخارصين وذلك كما يلي :ـ

$$ZnSO_4 . H_2O \overset{238°C}{\rightarrow} ZnSO_4 + H_2O$$

$$ZnSO_4 \overset{800°C}{\rightarrow} ZnO + SO_3$$

تنتج كبريتات الخارصين بتفاعل حامض الكبريت مع خام الخارصين المحمص في وسط مائي . وينقى المحلول لإزالة الشوائب الفلزية ، ثم يبخر إلى أن تصل كثافته إلى ١,٤جم/سم٣ عند ٨٠°م ، ثم يبرد فتترسب كبريتات الخارصين على شكل بلورات محتوية على ٧ جزيئات ماء ، وللحصول على كبريتات أحادية جزيء الماء يتم تبخير المحلول إلى أن يجف .

تستعمل كبريتات الخارصين في إنتاج الخارصين بالطريقة الالكتروليتية ، وفي تصنيع ألياف الرايون ، وكمادة مضافة للإسمدة ، وفي صناعة المواد الكيميائية مثل فوسفيد الخارصين وكبريتيد وسيانيد الخارصين ، وكذلك في معالجة المياه ، وفي صناعة الأخشاب .

• كبريتيد الخارصين

كبريتيد الخارصين ($Zn\ S$) مركب أبيض اللون ، وزنه الجزيئي ٩٧,٤٤ ، ولايتأثر بالأحماض العضوية ولكنه يتفاعل مع الأحماض الفلزية حيث يتصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S).

يتم الحصول على كبريتيد الخارصين بتفاعل أملاح الخارصين الأخرى ـ غالباً الكبريتات ـ مع غاز كبريتيد الهيدروجين حيث يمرر الغاز على محلول منظم من الملح فيترسب كبريتيد الخارصين.

يستخدم كبريتيد الخارصين كصبغة بيضاء بينما يستخدم مخلوط كبريتيد الخارصين وكبريتات الباريوم ـ الليثوبون (Lithopone) ـ في صناعة الأصباغ ، إلا أنه قد تضاءل استخدامه وذلك لاستبداله بثاني أكسيد التيتانيوم ، كذلك يستخدم كبريتيد الخارصين مع الفوسفور في تركيب الالوان الفسفورية.

• كلوريد الخارصين

كلوريد الخارصين ($Zn\ Cl_2$) مادة صلبة بيضاء متميعة تستخدم عادة في صورة مسحوق ، وزنه الجزيئي ١٣٦,٢٩ ، ودرجة انصهاره ٢٨٣°م ، ودرجة غليانه ٧٣٢°م ، وكثافته ٢,٩١جم/سم٣ عند ٢٥°م ، وعالي الذوبانية في الماء حيث أن ٤٣٢ جم من الكلوريد تذوب في ١٠٠جم من الماء عند درجة حرارة ٢٥°م ، ويذوب الكلوريد أيضاً في الكحولات والإيثروالأسيتون والجليسرين.

ينتج كلوريد الخارصين عالي النقاوة بتفاعل فلز الخارصين مع غاز كلوريد الهيدروجين عند درجة حرارة ٧٠٠°م ، أو بتفاعل كبريتيد الخارصين مع الكلور . أما كلوريد الخارصين الأقل نقاوة فيتم إنتاجه بإذابة أكسيد الخارصين أو الخارصين غير النقي في حامض كلوريد الهيدروجين ، ثم ينقي ويبخر المحلول للنصف حيث يتم الحصول على كلوريد الخارصين .

يدخل كلوريد الخارصين في إنتاج بعض مركبات الخارصين مثل سيانيد الخارصين ، وكذلك في إنتاج كلوريد النتريل ، كما أنه يستخدم كمادة محفزة في إنتاج كلور الإيثان الأحادي من الميثانول . يتفاعل كلوريد الخارصين مع كلوريد الأمونيوم لتكوين الأملاح المزدوجة مثل ($ZnCl_2.2\ NH_4Cl$) ، ($ZnCl_2.\ 3NH_4Cl$) ، والتي تستخدم في عمليات صهر المعادن ، فضلاً عن ذلك فإن كلوريد الخارصين يستخدم كمادة مثبتة للصبغة في صناعة الملابس ، كما أنه يدخل في صناعة البطاريات الجافة ، وفي مصافي تكرير النفط.

• خلات الخارصين

خلات الخارصين $Zn(CH_3COO)_2$ عبارة عن مادة صلبة بيضاء اللون وزنها الجزيئي ١٨٣,٤٣ ، تذوب في الماء ، إلا أنها قليلة الذوبان في الكحولات عند درجة حرارة الغرفة ، وعند تسخينها لدرجة حرارة ٢٠٠°م فانها تتفكك مكونة حامض الخل وملح قاعدي .

تُصنع خلات الخارصين بتسخين أكسيد الخارصين مع حامض الخل ، ثم يرشح المحلول ، وتضاف إليه كمية إضافية من حامض الخل ، ثم يبخر المحلول إلى أن تبدأ عملية الترسيب حيث تتكون البلورات ، ثم يستكمل الترسيب بالتبريد ، ويفصل الراسب بالترشيح.

تستعمل خلات الخارصين كمادة حافظة في صناعة الأخشاب ، وكمادة مثبتة في الأصباغ وصناعة الزجاج.

الأهمية الاقتصادية للخارصين

يستعمل الخارصين بصفة أساس في عملية الجلفنة (Galvanizing) التي من أشهرها جلفنة الغمس في مصهور الخارصين المستخدمة في صناعة الحديد والفولاذ المجلفن بطبقة من الخارصين عالية المقاومة للتآكل مقارنة بالحديد (تمثل سرعة تآكل الخارصين ٣ـ١٠٪ من سرعة تآكل الحديد أو الفولاذ) . كذلك فإن الخارصين أكثر كهروسالبية من الحديد لذا فهو يذوب أولاً حيث يحمي الحديد.

وبجانب الجلفنة المذكورة هناك طرقا أخرى للجلفنة منها الجلفنة الكهربائية والرش بالخارصين المنصهر.

كما يستخدم الخارصين في صناعات أخرى أهمها صناعة سبائك اللحام ، وتعدين المساحيق وانتاج البطاريات المختلفة وصناعة بعض مركباته بنقاوة عالية مثل أكسيد الخارصين.

الفلزات النفيسة

د. إبراهيم محمود النجار

تعرف الفلزات النفيسة بمجموعة البلاتين وتمثل كل من الذهب والفضة والبلاتين، وهي تتواجد في الطبيعة بكميات قليلة وغير نقية ومختلطة بالشوائب، وللفلزات النفيسة هذه قابلية منخفضة نحو الاتحاد مع غاز الأكسجين، لذلك تتواجد بصورة حرة أو بصورة مركبات كيميائية سهلة الاختزال مثل مركب حامض رباعي كلوريد الذهب، وتمتاز الفلزات النفيسة في حالتها النقية بطراوتها، وليونتها، وقابليتها للطرق والسحب، ومقاومتها للتآكل في الأحماض العادية، وجودة توصيلها للكهرباء والحرارة، وبالرغم من هذا فإن عملية استخلاصها أحياناً تكون معقدة نظراً لعمليات الفصل المتعددة لتواجد العديد من الفلزات بعضها مع بعض مثلما يحدث عند استخلاص البلاتين من بقية مجموعته.

١- الذهب

يعد الذهب أول فلز تم التعرف عليه من قبل الإنسان، وذلك في أواسط العصر الحجري (حوالي ٨٠٠٠ قبل الميلاد)، حيث يوجد في الطبيعة على شكل منفرد ولون مميز، كما يسهل صهره للحصول عليه نقياً من الشوائب الأخرى مثل الكبريت والكربون وغيرها.

الخواص الفيزيائية

الذهب فلز أصفر لماع لين قابل للطرق والسحب، ويتحول إلى رقائق دقيقة جدا حيث يمكن الحصول على رقائق سمكها جزءً من عشرة أجزاء من الألف من المليمتر، ويبلغ الوزن النوعي للذهب ١٩,٣٢ عند درجة حرارة ٢٠°م، وهو ينصهر عند درجة حرارة ١٠٦٤°م ويغلي عند درجة حرارة ٢٨٠٨°م.

الخــواص الكيميائية

يعد الذهب مقاوماً لتأثير الأحماض، والقواعد، والمحاليل الملحية، والهواء والماء. ولحل الذهب يلجاء بصورة عامة إلى الماء الملكي الذي يتألف من خليط من حامض النيتروجين وحامض كلوريد الهيدروجين مذاب بنسبة ٣:١ في حجم كاف من الماء، كما أن إضافة مواد مؤكسدة لحامض كلوريد الهيدروجين مثل الهالوجينات، وبيروكسيد الهيدروجين أو حامض الكروم يؤدي كذلك إلى ذوبان الذهب، كما يذوب الذهب في حامض السيلينيوم، ولا يتأثر بالهواء ولا كبريتيد الهيدروجين، إلا أن الكلور والبروم يؤثران فيه بسهولة عند درجات حرارة مرتفعة من ٢٥٠°م إلى ٤٧٥°م مشكلين مركبات هالوجينية حلولة.



ويذوب الذهب ايضاً في محاليل مركبات السيانيد مع العناصر القلوية، وفي وجود الأكسجين أو سيانوجين بروميد أو مواد مؤكسدة أخرى، كما يذوب في محلول ثيو كبريتات الصوديوم مع الأكسجين، وكذلك عديد بولي سلفايد للعناصر القلوية.

وجوده في الطبيعة

يوجد الذهب بصورة عامة في حالة منفردة (حرة) أي حالته الأصلية وعلى شكل عروق، وهي حالة لايكون فيها متحداً مع عناصر أخرى في مركبات كيميائية، كما يوجد مختلطاً مع معادن أخرى أهمها الفضة وبنسب مختلفة، كما يبدو الذهب في الطبيعة ملازماً لعناصر أخرى كالنحاس والحديد والزئبق والتيلوريوم والبيزموث والبلاديوم والروديوم وغيرها، وكثيراً ما يلازم البيريت، وكبريت الحديد، لذلك غالباً ما يلجاء إلى هذين الفلزين بحثاً عن المعدن الثمين، وينتشر الذهب في الطبيعة إنتشاراً واسعاً، على سطح القشرة الأرضية تحت عمق ٣كم، ويوجد بنسب قليلة جداً لاتتجاوز جزء إلى مائة جزء من مليون، وهي نسبة ضئيلة جداً لاتسمح بأي استخلاص مجزي، كما يحتوي ماء البحر على الذهب بنسب مختلفة بإختلاف الموقع، وبنسبة تتراوح بين ملجرام وما يزيد عن ١٠ ملجرام في المتر المكعب، وبشكل عام فالذهب يوجد في الصخور النارية بنسبة ٥×١٠⁻⁹ جرام/جرام، كما

يوجد مع الكوارتز على شكل حبيبات ، صغيرة ، ويوجد أيضاً مع الرمال أو في قيعان الأنهار ، ويمكن الحصول على الذهب كناتج ثانوي عند استخلاص بعض الفلزات الأخرى مثل النحاس والنيكل والفضة بالطرق الكهربائية ، وأهم خامات هذه الفلزات معدن الكالكوبايرايت ($Cu Fe S_2$) والأرسينو بايرايت (FeAsS) والبايرايت ($Fe S_2$) والجالينا (PbS) ومع خامات الفضة.

ويقدر مخزون الذهب في الطبيعة في الوقت الحاضر بعد الإكتشافات العديدة والحديثة في دول كثيرة ، بحوالي ٧٠,٠٠٠طن ، وهو أكثر بـ ٤٠مرة من الإنتاج السنوي للذهب في العالم . ومن أهم مناطق مخزون الذهب هي ٤٠٪ في جمهورية جنوب افريقيا ، ٣٥٪ في البرازيل ، ١٥٪ في روسيا ،وكذلك في أمريكا وكندا وأستراليا ، وزمبابوي وغانا بنسبة ١-٣٪ لكل منها.

إستخلاص الذهب

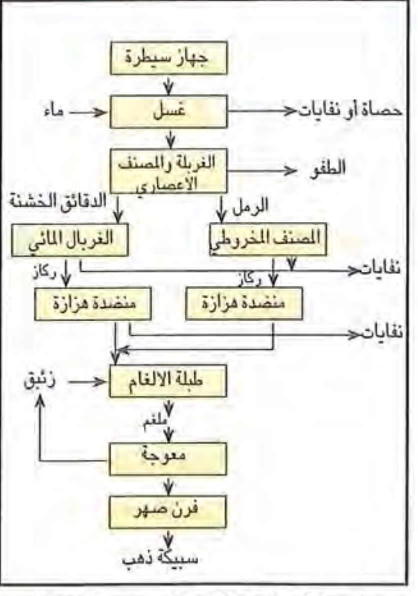
نظراً لانتشار الذهب بشكل حر أو متحد أو متداخل مع عروق الكوارتز أو الصخور ، أو كمزيج مع المعادن المختلفة ، فهناك ثلاثة طرق عامة لإستخلاصه وهي الكلورة (طريقة قديمة لاتستخدم في الوقت الحاضر) . والملغمة والسيندة (الإذابة مع ملح السيانيد).

● الملغمة

تعتمد الملغمة على إنحلال الذهب في الزئبق وتتلخص في سحق المعدن الخام وتمريره على صفائح النحاس المغمورة في الزئبق فينحل بنسبة ٥٥٪ ، حيث أنه عند تلامس كرات الزئبق مع الذهب فإنه يبلل ثم يخترق الذهب تلك الكرات مكوناً ملغم الذهب.

وتمتاز هذه الطريقة ، شكل (١) ، بسهولتها وقلة تكاليف تشغيلها ولكن استخدامها لايضمن استخلاص كميات كبيرة من الذهب الموجود ضمن الخام المعالج وذلك للاسباب التالية :

١- يعمل التوتر السطحي العالي للزئبق على طفو الدقائق الخفيفة والناعمة من



● شكل (١) مخطط انتاج الذهب بطريقة الملغمة.

الذهب ولذلك فإنها لاتغوص داخل كرات الزئبق لخفتها.

٢- إحتمال حدوث تلوث لسطح الحبيبه الذهبية أثناء عملية التفتيت ، وهذا التلوث يعيق عملية الالتحام.

٣- إحتمال عدم نفاذ الدقائق غير المحررة تحريراً تاماً أثناء عملية التفتيت إلى الزئبق.

عليه فإنه لزيادة عملية كفاءة عملية الإلغام يجب أن تكون دقائق الذهب بحجم كبير نسبياً ، ويكون سطحها نظيفاً خالياً من الأوساخ أو الشوائب.

وتتم عملية الإلغام بطريقتين هما :-

* **الإلغام الداخلي :** وتجري فيه عمليتا الطحن والإلغام في أن واحد ، وتجري هذه العملية لاستخلاص الذهب من الركائز ، ولكن من عيوبها تفكك الزئبق أثناء عملية الطحن وتحوله إلى دقائق صغيرة محاطة بطبقة من الأكاسيد مما يعيق عملية نفاذ الذهب إلى الزئبق.

* **الإلغام الخارجي :** ويتم فيها معالجة خامات الذهب بعد تحريره بأجهزة خاصة مع غسل الخام بالأحماض لتنظيف سطحه.

يتم بعد عملية الإلغام (داخلي أم خارجي) إجراء عملية استخلاص الذهب وذلك وفقاً للخطوات التالية :

١- غسل الملغم بالماء الساخن في وعاء من الخزف أو حديد الزهر.

٢- فصل مغناطيسي لحبيبات الحديد المتواجدة مع الملغم.

٣- وضع الملغم في حقائب من الجلد أو القماش الخاص من أجل ترشيحه بالضغط حيث ينفذ الزئبق من خلال مسامات الجلد أو القماش ليتم تجميعه لاعادة استخدامه مرة أخرى . أما الزئبق المتبقي في الحقائب فتجري عليه عملية تقطير باستخدام معوجات خاصة مصنوعة من الحديد الزهر تكون أولاً عند درجة حرارة ٣٠٠-٤٠٠ْم لتجنب غليان الزئبق ، ثم ترفع إلى ٨٠٠ْم ليتم تطاير وتكثيف الزئبق حيث يجمع لاعادة استخدامه . أما الذهب فيتجتمع في المعوجات على شكل سبيكة تحتوي على ٧٥٪-٩٠٪ ذهب ، يتم تنقيتها لاحقاً .

● السيندة

يتم بطريقة السيندة إنتاج ٩٠٪ من الذهب ، وهي تعتمد على إذابة خام الذهب في محلول مخفف (٠,٠٣٪) من سيانيد الصوديوم أو البوتاسيوم في وجود كمية كافيه من الأكسجين - من الهواء - فيتفاعل المحلول مع الذهب مكوناً مركب الذهب الصوديومي أو البوتاسيومي الذي يذوب جيداً في الماء.

$$4Au + 8NaCN + 2H_2O + O_2 \longrightarrow 4Na[(Au(CN)_2] + 4NaOH$$

ولزيادة كفاءة إذابة خام الذهب يمكن تحميصه لزيادة مسامية الخامات المحتوية على الخام لتسمح بمرور أيون السيانيد لتتفاعل مع الذهب.

وتعد عملية إذابة الذهب بواسطة أيون السيانيد عملية كهروكيميائية يتم فيها اختزال الأكسجين المذاب في المحلول إلى بيروكسيد الهيدروجين كما في المعادلة التالية :-

$$O_2 + 2H_2O + 2e^- \longrightarrow OH^- + H_2O_2$$

وتمثل هذه المعادلة اختزالاً مهبطياً للأكسجين عند سطح المعدن تتم بعدها آلية التفاعل كما يلي :-

$$Au + e^- \longrightarrow Au^+$$

$$Au^+ + CN^- \longrightarrow AuCN$$

$$AuCN + CN^- \longrightarrow Au(CN)^{-2}$$

مما سبق يمكن القول أن آلية إذابة الذهب عبارة عن تفاعل كهروكيميائي

يكتسب فيها الأكسجين المذاب في الماء إلكتروناً بالاختزال ليكوّن المهبط، بينما يفقد الذهب إلكتروناً بالتأكسد ليكوّن المصعد.

كما يمكن الحصول على الذهب من المحلول المعقد الذائب عن طريق الإختزال مع مسحوق الخارصين أو الألمنيوم، وبذلك يتحرر الذهب وفقاً للمعادلة التالية :-

$$2Na(Au[CN]_2) + Zn \longrightarrow Na_2[Zn(CN)_4] + 2Au$$

الجدير بالذكر أن الذهب المستخلص بطريقة الملغمة أو طريقة السيندة يكون غير نقي وذلك لأن الفضة وبعض الفلزات القاعدية تذوب في السيانيد أوتتملغم، ولذلك فإنها تتحرر مع الذهب أيضاً، ولغرض التخلص من هذه الشوائب تجري عملية التنقية بصهر الذهب المستخلص بالطرق السابقة مع مواد مؤكسدة وذلك لإزالة أكبر كمية ممكنة من النحاس والفلزات الأخرى، وبذلك تتكون سبيكة من الذهب والفضة تقريباً، فإذا كانت نسبة الفضة صغيرة فإن السبيكة تعامل مع غاز الكلور بدرجات الحرارة العالية لتكوين كلوريد الذهب المذاب في الماء وكلوريد الفضة التي لاتذوب في الماء، وعليه يمكن الحصول على الذهب النقي جداً (٩٩,٩٥٪) بالترشيح ثم إجراء التحليل الكهربي لمحلول كلوريد الذهب وذلك بترسيبه نقياً جداً على القطب السالب.

مركبات الذهب

يتواجد الذهب على شكل مركبات مختلفة ويكون بحالة تأكسد أحادية (+١) أو ثلاثية (+٣)، أما الحالات الأخرى (+٢) و (+٥) أيضاً معروفة، أما المركبات الثنائية للذهب فتكون الأكسدة مشتركة (+١)، (+٣)، ومن أهم مركبات الذهب مايلي :-

١- حامض رباعي كلوريد الذهب $H(AuCl)_4$ ويتكون على شكل بلورات مصفرة تحتوي أربعة جزيئات ماء، وسريع الذوبان في الماء، كما يذوب في الكحول والإيثر، كما أنه يعد مادة آكالة (Corrosive) ويستخدم لتحضير مركبات الذهب الأخرى، ويستخدم لجعل الذهب كالياقوت الزجاجي، وكذلك يضيف ألواناً بنفسجية للسيراميك.

٢- صوديوم ثنائي كبريتيد الذهب $(Na_3Au(SO_3)_2)$ وهو مركب غير ثابت في الحالة الصلبة وعليه لايمكن الحصول على بلورات منه للإستخدام الصناعي، ويكون ثابتاً في المحاليل القاعدية عند رقم هيدروجيني ٨,٥(pH= 8.5) وأكبر، حتى عند التسخين أو تعرضها للضوء ويفضل أحياناً عن بوتاسيوم ثنائي سيانيد الذهب (I) في تبطين أحواض الطلاء الكهربي.

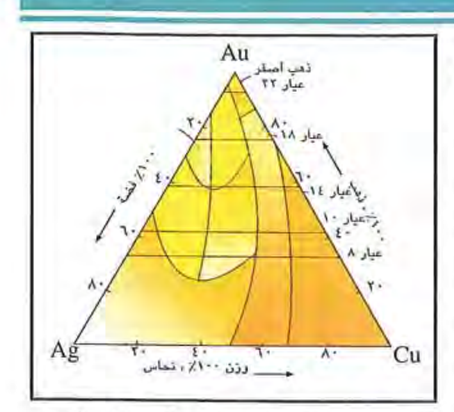
٣- مركبات ذهب متنوعة : ومعظمها تستخدم في التحضيرات الكيميائية والكيمياء التحليلية منها :-

- كلوريد الذهب $(AuCl_3)$، $(AuCl)$.
- هيدروكسيد الذهب $Au(OH)_3$ أو $AuO(OH)$.
- أكسيد الذهب (Au_2O_3).
- سلفيد الذهب $(Au_2S_3$ ، AuS ، $Au_2S_2)$.
- سيانيد الذهب (Au CN).
- أستيليد الذهب (Au_2C_2).
- صوديوم ثنائي ثيو كبريتات الذهب $(Na_3[Au(S_2O_3)_2].2H_2O)$، وتستخدم في عمليات التصوير.
- سيلينيت الذهب $Au_2(SeO_4)$ ويستخدم كملوّن للزجاج.

كما أن هناك مركبات للذهب تستخدم للعلاج الطبي مثل ثيوسلفنيت الذهب، ميركبتيد الذهب، ومالات الذهب، حيث تستخدم لأمراض الروماتيزم، كما يعد معقد ثلاثي أيثيل فوسفين الذهب مع رباعي أسيتيت ثيوجلوكوز (Auranofin) من أهم المركبات المستخدمة ضد التهابات المفاصل المزمنة.

خلائط الذهب

يكّون الذهب خلائط متعددة مع معادن كثيرة، أهمها المعادن المشابهة للذهب في نفس المجموعة في الجدول الدوري مثل النحاس والفضة أو مع المجموعات المجاورة للذهب مثل النيكل والبلاديوم والبلاتين، كذلك مع الزنك والكادميوم والزئبق وهي غير معروفه جيداً.



● شكل (٢) تدرج ألوان خلائط الذهب - الفضة - النحاس.

ويمكن التعرف على الخلائط السابقة بألوانها ودرجة قساوتها ومقاومتها للتآكل ودرجة انصهارها، وكذلك من نسبها المئوية، ويوضح شكل (٢)، تمثيل هرمي للعناصر الثلاثة الأساسية الذهب - الفضة - النحاس.

استخدامات الذهب وخلائطه

إن الاستخدامات الصناعية للذهب اليوم لاتعد ولاتحصى تقريباً، وهي تختلف بإختلاف أذواق المستهلكين، ويستخدم الذهب على شكل أوراق للوشي بالذهب، وفي المنتجات الكيميائية وفي التصوير وفي تلبيس وحشو الاسنان، وفي علم البصريات وفي الترانزيستورات والبلورات البيزوكهربائية والمزدوجات الحرارية ومقاييس الكمون، كذلك يستخدم الذهب ومركباته في صناعة المحفزات، ولتغليف العديد من المعادن الأخرى، وتستخدم خلائطه كمادة لاحمة عند وجود مناطق متآكلة في الأقراص المعدنية، هذا ويزداد استخدامه في الصناعة يوماً بعد يوم.

وتشكل صناعة الحلي وجها هاماً من أوجه استخدام الذهب، ولما كان الذهب في حالته النقية معدناً في منتهى الليونه، لذلك فهو يخلط دائماً مع النحاس أو الفضة لما يلائم استخدامه ويلجأ إلى الأمر نفسه عند سك النقود الذهبية.

يعبر عن نقاوة الذهب بالقيراط حيث يعبر عن الذهب الخالص (١٠٠٪ ذهباً) بـ ٢٤ قيراط إلا أن الحد الذي يمكن بلوغه لايتعدى ٢٢ قيراطاً (٩٢٪ ذهباً)، وقد جرت العادة أن يتراوح عيار الذهب

المستخدم للحلي من ١٠ إلى ٢٢ قيراطاً، وأن كان العيار الشائع بصورة عامة هو ١٨قيراطاً (٧٥٪ ذهباً).

الذهب في المملكة

يتواجد الذهب في المملكة في مناطق متعددة أهمها منطقة الدرع العربي فقد سجل وجوده في ٧٨٢موقعاً، تم الحفر في ٥١موقعاً منها، كما وجد الذهب في أكثر من ١٥٣موقعاً آخر بنسبة بسيطة جداً مع عناصر أخرى مختلفة.

ومن أهم المناجم المستغلة تجارياً: منجم مهد الذهب والصخيبرات، وكذلك الحجار والحمدة والعمار (ما زال تحت التطوير)، وفي معظم هذه الأماكن يوجد الذهب على شكل عروق وترسبات بركانية مع البايرايت وزرنيخ البايرايت، وفي بعض المناطق على شكل فلزات السلفيد.

وفي منطقة الصخيبرات يبلغ المخزون حوالي ٦,٤مليون طن بمعدل ٢,٦جم/طن.

وتقدر خامات الذهب والفضة المتوفرة حالياً في منجم العمار بما يلي: منطقة عروق الشمال ١,٠٧٧ مليون طن خام بنسبة ٣٣,١جم/طن (ذهب) وفضة بنسبة ٣١,٣جم/طن.

أما منطقة الجنوب الغربي فتقدر الخامة بـ ١,١٤٥ مليون طن بنسبة ٩,٤جم/طن ذهب و ٢٦,٠جم/طن فضة، بالإضافة إلى معادن أخرى أهمها الخارصين، النحاس، الرصاص.

أما في منطقة الحجار، فيقدر المخزون من الذهب بـ ١,٥٤مليون طن ولعمق ٤٥متراً في باطن الأرض (الحجار شمال)، ويقدر معدل الذهب بـ ٣,٤٥جم/طن والفضة بـ ٤٧جم/طن.

أما منطقة مهد الذهب فتقدر الاحتياطات حسب دراسة أجريت في ١٩٩٢/١٢/٣١م من قبل وزارة البترول والثروة الصناعية بحوالي ١,١٤٢,٣٦٧طن ونسبة الذهب فيه بمعدل ٤١,١جم/طن تقريباً والفضة بمعدل ١٧١جم/طن تقريباً بالإضافة إلى النحاس والخارصين.

عالم في سطور

أبوالوليد عبد الملك بن زهر

● **الاسم :** أبو الوليد عبد الملك بن أبي العلاء زهر بن أبي مروان عبد الملك بني محمد بن مروان.

● **كنيته :** يكنى أحياناً بأبي مروان.

● **مكان الميلاد :** مدينة أشبيلية.

● **تاريخ الميلاد :** ٤٨٦هـ / ١٠٩٣م.

● **تاريخ الوفاة :** عام ٥٥٧هـ/١١٦٢م.

● **حياته :** عاش في دولة المرابطين الملثمين، وهو من أطباء الجيل الثالث من أسرة بني زهر الأندلسية، ويعد من أشهر أطباء آل زهر.

● **صفاته :** تفرغ أبو الوليد لدراسة الطب ولم يشغل نفسه بعلوم أخرى كما كان يفعل علماء عصره وقد ساعده ذلك على التفوق على كل الأطباء في زمانه بالمشرق والمغرب، وكان له إلمام أوسع بالأدوية المفردة والمركبة، وله طريقة حسنة في العلاج فقد كان ينصح الأطباء بمراقبة تأثير الدواء على المريض وخاصة في الأيام الثلاثة الأولى من بداية العلاج، وإذا لم تتحسن صحته يمكن زيادة جرعة الدواء.

● **إنجازاته :** لقد برع في تشخيص الأورام الخبيثة والدرن المعوي والتهاب الأذن الوسطى وشلل البلعوم، كما استطاع علاج التراكوما (الخثر) جراحياً عن طريق شق شريان الحثر كما برع في جراحة العظام والكسور وجراحة الجهاز التنفسي، وكانت له اهتمامات بالحمية والوقاية والوقاية من المرض.

● **مؤلفاته :** ترك أبو الوليد ثروة علمية كبيرة ملأت أرفف الجامعات الأوروبية في بداية عصر النهضة إلى القرن السابع عشر الميلادي ساعده على ذلك ترجمة مؤلفاته إلى اللغات اللاتينية والعبرية ومن أهمها ما يلي:

١ـ كتاب التيسر في المداواة والتدبير.

٢ـ كتاب الأغذية.

٣ـ كتاب الترياق السبعيني.

٤ـ كتاب طرق استحضار الأدوية والحميات.

٥ـ رسالة في علمي البرص والبهق.

٦ـ رسالة في علاج الأمراض.

٧ـ مقالة في علل الكلى.

المصادر :-

- كتاب أعلام حضارتنا، د. فاضل العبيد عمر.

كتب صدرت حديثاً

الجراحـــة

صــدرت الطبــعــة الأولى من هذا الكتاب عــام ١٤١٧هـ/١٩٩٦م عن دار المعــرفــة ، دمــشــق ، ســوريا . وقــام بترجمته إلى العربية **الدكتور فاضل الشيخ حيدر** .

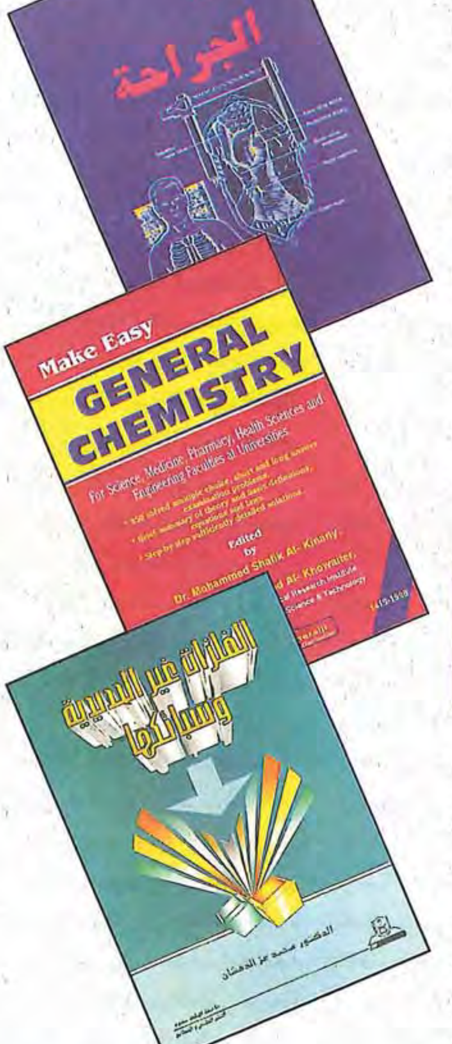
جاء الكتاب في ٣٤٤ صـفـحـة من القطع المتوسط مقسمه إلى أربعة عشر فـصــلاً هي بالتــرتيب : مــبــادئ فيزيولوجيــا الجراحـة ، والمشـاكــل في الجـراحـة العـامـة ، وعـوامل الخطر الطبــيـــة في مــرض الجـــراحـــة ، والاضطرابـــات الصـــدرية ، وجـــدار الصــــدر والرئة والمنصف ، والقلب ، وأمــراض الأوعــيــة الـدمـوية ، والداء الوريدي والانصـــمـــام الرئـــوي والمجـمــوع اللمـــفي ، والاضطرابات الشــائعـة المهـددة للحــيــاة ، والمريء ، والمعدة والعضج ، والأمـعـاء الدقـيـقـة ، والقولـون ، المستقيم ، الشرج ، والكبد ، وفرط توتر البـــاب .

Make Easy General Chemistry

صدر هذا الكتاب باللغـــة الإنجليزية عام ١٤١٩هـ/ ١٩٩٨م عن مكتبة دار الخـريجـــي للنشـــر والتـوزيـــــع بالرياض، وهو من تأليف **الدكـــتــور مـحـمـد شـفـيق الكناني والدكـتـور سليمان حماد الخويطر**، معهد بحوث البترول والصناعات البتروكيميائية **بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية.**

يقع الكتاب في ٣٩٤ صـفـحـة من القطع المتوسط، ويتكون من إحدى عشر فـصــلاً مـرتبــة على النحـو التـــالي: الحسابات الكيمـيائية ، والتفاعلات الكيميائية ومفهوم المول، والتفاعلات الكيميائية في المحاليل المائية، وخواص الغـــازات، والطاقـــة وتـغـــيـــراتهـــا والثيرمـوديناميك، والروابط الكيميائية، وحالة المادة وقوى التجاذب، والأحماض والقــواعــد، والخـواص الفــيـزيـائيـة للمحـاليل، والاتـزان الكيـمـيائي؛ واتزان الأحماض والقواعد في المحاليل المائية،

كـمـا يشـتمل الكتاب على معـجـم للمــصطلحــات العلمــيـة والتـعـــابيـر الإنجليزية وإثنا عشر جدولاً بالإضافة إلى ٣٥٠ مسألة اختبارات محلولة.



الفلـــزات غيــر الحديديــة وسبائكهـــا

صدرت الطبعة الأولى من هذا الكتاب عـــام ١٤١٨هـ/ ١٩٩٧م عن مطابع جـامعـة الملك سـعـود بالرياض. وقـام بتأليفه **الدكتور محمد عز الدهشان** قسم الهندسة الكيميائية ـ كلية الهندسة ـ جامعة الملك سعود .

يقع الكتاب في ٧٥٤ صفحة من الحجم المتوسط مقسمة إلى ثمانية فصول، وقائمة المراجع العامة، وثبت المصطلحات العلمية، وكشاف الموضوعات.

جاءت فصـول الكتاب مرتبـة على النحــو التــالي: الخـــارصين (الزنك) وســبــائكه، والرصــاص وســبــائكه، والقـــصـــدير وســبـــائكه، والكوبلت وسبائكه، والنحـاس وسبائكه، والنيكل وسبائكه، والفلزات الثمينة وسبائكها، والفلزات الحرارية وسبائكها.

هذا، وتحتـوي صفـحـات الكتاب بين طياتها على ٢٧٠ شكلاً، و١١٥ جدولاً لشرح المعلومات وتوضيحها للقارئ.

الفلزات الخفيفة وسبائكها

عرض : سكرتارية التحرير

الفلزات الخفيفة وسبائكها

تأليف

الدكتور محمد عز الدهشان

النشر العلمي والمطابع جامعة الملك سعود

ردمك X-٣٨٩-٠٥-٩٩٦٠

صدر عن النشر العلمي والمطابع بجامعة الملك سعود الطبعة الأولى من كتاب (الفلزات الخفيفة وسبائكها) لمؤلفه د. محمد عز الدهشان سنة ١٤١٨هـ ، ويعد هذا الكتاب الأول باللغة العربية في حقل الفلزات عامة والفلزات الخفيفة خاصة ، والتي يُعرِّفها المؤلف بأنها الفلزات ذات الكثافة المنخفضة والتي تبلغ حوالي نصف كثافة الحديد ، وهذه الفلزات هي المغنيسيوم الذي يبلغ وزنه النوعي ١٫٧٤ ، وهو ما يمثل ٢٥٪ من وزن الحديد ، والبيرليوم ووزنه النوعي ١٫٨٩ ، ثم الألمنيوم ووزنه النوعي ٢٫٧ ، ثم التيتانيوم ووزنه النوعي ٤٫٥٤ مقارنة بالوزن النوعي للحديد في حدود ٧٫٨٩. ويقع الكتاب في خمسمائة وأثنين وثلاثين صفحة مقسمة إلى خمسة فصول ، بالاضافة إلى ثبت المصطلحات العلمية مرتباً الفبائياً باللغة العربية ، والفبائياً باللغة الانجليزية ، وكشاف الموضوعات .

خصص المؤلف **الفصل الأول** للتعريف بالمواد الفلزية وإلقاء نظرة تاريخية عن اكتشاف هذه المواد وبيان أثرها في حياة الانسان وما أحدثته من تغييرات كبيرة على أسلوب حياته بدءاً من الأزمنة القديمة عندما جاء استخدام الإنسان للحجارة في تجهيزه المعدات البسيطة التي ساعدته في حياته الصعبة في الأزمان القديمة ، ثم القفزة الكبيرة في حياته عندما تعرف بالصدفة في البداية ثم تطويره لهذه المواد بعد ذلك ، ولقد تمثلت البداية في البرونز ، ثم الحديد وسبائكه، بعد ذلك يبين المؤلف أن اكتشاف الفلزات قد لعب دوراً مهماً في تاريخ البشرية وظهور الاستعمار وتحركه صوب الدول الغنية بمواردها المعدنية طمعاً في هذه الثروة ومحاولة الاستئثار بها ، كما يبين المؤلف أن أول سبيكة عرفها الإنسان كانت البرونز ، ومدى سعادة الانسان حينذاك بهذه المادة نظراً لما تمتعت به من خواص لاتملكها الحجارة من صلابة عالية ومقاومة مرتفعة ، ونصل حاد ، واحتفاظها بخواصها لفترات طويلة ، وهي أخف وزناً وأسهل في التعامل معها ، بالاضافة إلى مظهرها الجميل الجذاب ، وأوضح المؤلف تطلع الانسان حينذاك ـ بعد التوصل إلى البرونز والاستفادة منه ـ إلى مادة جديدة تتفوق على ماحصل عليه ، ومن ثم ظهرت صناعة الحديد والفولاذ لتبدأ الحقبة الثالثة في حياة الإنسان وهي العصر الحديدي بعد العصر الحجري ، والعصر البرونزي .

ويقدم المؤلف في **الفصل الأول** أيضاً عدداً من التعريفات المهمة ، على سبيل المثال: الخام ، والفلز ، والسبيكة ، وأنواع السبائك ، والوجه وتأثير العناصر السبائكية ، وعناصر الإشابة (الشوائب) عن خواص المواد الفلزية ، كما يربط المؤلف بين خواص المواد الفلزية (التصرف الخارجي) وتركيبها البنائي الذري الداخلي والبلوري ، ويقدم عدداً من الأمثلة على صحة النظرية ، كما يشرح المؤلف أسباب تفوق خواص السبائك على الفلز ، ويختم هذا الفصل بعرض سريع لعمليات المعالجة الحرارية وهي تسخين السبائك إلى درجة حرارة أعلى من درجة الحرارة الحرجة ثم تبريدها بمعدل يتحكم فيه مع بيان لأهم أساليب المعالجة وهي التصليد والتعدين ، والتطبيع .

خصص المؤلف **الفصل الثاني** لفلز الألمنيوم وسبائكه ، الذي يبدأ باستعراض تاريخ هذا الفلز معللاً التأخر في إستخلاصه من خاماته بالأساليب التقليدية المعروفة حينذاك بسبب الألفة الكيميائية العالية بين الفلز والأكسجين ، وهكذا لم يبدأ انتاج الألمنيوم بكميات تجارية إلا في عام ١٨٨٦م بأسلوب جديد وهو التحليل الالكتروليتي ، ثم ينتقل المؤلف بعد ذلك إلى بيان خواص الألمنيوم وأهم مميزاته التي ساعدته في سرعة انتشاره والتوسع في استخدامه وجعلته عنصراً مفضلاً في الانشاءات ، ويستعرض المؤلف أهم التطبيقات الصناعية للألمنيوم . ثم يركز المؤلف في هذا الفصل أيضاً على سبائك الألمنيوم مبتدءاً بعرض تفصيلي عن منحنيات الإتزان الحراري بين الألمنيوم والعديد من العناصر السبائكية ، في محاولة من المؤلف في لتقديم الخلفية العلمية الواضحة للقارىء عن أسباب إختيار

سبيكة بعينها ، وحدود الذوبانية بين الألمنيوم والعناصر الأخرى . ثم يلقى المؤلف ـ بعد ذلك ـ الضوء على أسلوب تقسيم سبائك الألمنيوم وتسميتها والأسلوب العالمي المتبع لذلك ، ومن ثم يوضح الاختلافات الأساسية بين سبائك الألمنيوم الطروقة وسبائكه المصبوبة وأساليب تشكيل كل مجموعة وأهم استخدامات كل نوع منها . ثم ينتقل المؤلف بعد ذلك مع الأنواع المختلفة من سبائك الألمنيوم ـ منجنيز ، والألمنيوم ـ مغنيسيوم، والألمنيوم ـ نحاس ، والألمنيوم ـ نحاس ـ مغنيسيوم ، والألمنيوم ـ مغنيسيوم ـ سيلكون، والألمنيوم ـ زنك ـ مغنيسيوم ..الخ وفي جميع الحالات يذكر المؤلف التركيب الكيميائي والبنائي للسبائك وأهم استخداماتها ، وأساليب تحسين خواصها.

يتناول المؤلف في **الفصل الثالث** عنصر البيرليوم وسبائكه ، وعلى الرغم من عدم وجود سبائك خاصة بهذا الفلز ـ حتى الآن ـ إلا أن المؤلف آثر أن يدخل ضمن هذا الكتاب للتعريف به حيث يتوقع أن يبزغ نجم فلز البيرليوم وأن يصبح فلز القرن الحادي والعشرين لما يتمتع به من خواص عديدة أهمها : وزن نوعي منخفض ، ومعامل مرونة مرتفع ، ودرجة حرارة انصهار عالية ، وسعة حرارية مرتفعة ، وخواص ذرية غير عادية ، ولهذا يتوقع التوسع في استخدام البيرليوم في المنشآت والانشاءات النووية ، وصناعة الطائرات . ويستعرض المؤلف ـ بعد ذلك ـ تاريخ اكتشاف الفلز والتعرف عليه وعلى خواصه، وأساليب استخلاصه من خاماته وما يصاحب انتاجه من مشاكل ، وبخاصة السميه العالية ، وصعوبة إنتاجه في صورة نقية ، إضافة إلى تكلفته العالية ، ويبين المؤلف الاستخدام الحالي لهذا الفلز والمقصور على استخدامه كعنصر سبائكي مع النحاس منتجاً أفضل سبيكه على الإطلاق قابلية للمعالجة الحرارية لتنتج سبيكة مقاومتها للشد ستة أمثال أفضل سبيكة تجارية أخرى للنحاس.

أفرد المؤلف **الفصل الرابع** لفلز التيتانيوم وسبائكه مبتدأ الفصل بمقدمة عن تاريخ الفلز وإستخلاصه وموضحاً أسباب ارتفاع سعر التيتانيوم مقارنة بالعناصر الأخرى بسبب صعوبة أساليب استخلاصه ، والحصول عليه بصورة نقية نظراً لإرتفاع ألفة الكيميائية لعناصر: الأكسجين ، والكربون ، والهيدروجين ، والنيتروجين، وعلى الرغم من ارتفاع تكلفة الفلز إلا أنه يجد الكثير من التطبيقات بسبب ماينفرد به من خواص مثل : خفة الوزن ، وارتفاع درجة الحرارة ، ، وخواصه الكيميائية والفيزيائية المتميزة ، ومقاومته للتآكل ، ومقاومته المرتفعة للشد ، ومقاومته المتازة للصدمات ، كما أنه يكون العديد من السبائك . ولميزاته الكثيرة يستخدم التيتانيوم بكثرة في أجهزة ومعدات الصناعات الكيميائية والهندسية ، و بوجه خاص في الأوساط المحتوية على أيونات الكلور ، كما في حالة المياه المالحة ومحاليل التبييض ، وأنابيب مكثفات البخار ، والمبادلات الحرارية ، وأجهزة حفر النفط ، والصناعات الفضائية ، وفي صناعة الأجزاء التعويضية في جسم الانسان ، ثم تطرق المؤلف لمنحنيات الإتزان الحراري لسبائك التيتانيوم ، كما اتجه في الأبواب المختلفة من الكتاب ، ومن ثم يبين أنسب العناصر السبائكية لتثبيت وجه بعينه من أوجه التيتانيوم ، وهي : ألفا ، وبيتا ، وشبيه الفا ، ويدخل المؤلف في تفاصيل الأنواع المختلفة من السبائك مبينا تأثير العناصر السبائكية على التركيب البنائي والبلوري وتأثير معدل التبريد على التركيب البنائي وكذا استخدامات السبائك المختلفة .

خصص المؤلف **الفصل الخامس** لفلز المغنيسيوم وسبائكه ،وهو يبدأ بمقدمة عن تاريخ الفلز وإكتشافه ثم استخلاصه . ويظهر المؤلف زيادة الاهتمام بهذا الفلز في الحرب العالمية الثانية للحاجة الشديدة إليه في الصناعات الحربية المختلفة ، ومنذ ذلك زادت الكمية المستخدمة من المغنيسيوم ، وتوفر كم هائل من المعلومات عنه ، ولم يعد هذا الفلز مصدر خطر ولكنه أصبح مادة إنشاء مهمة ، ثم يستعرض المؤلف أساليب إستخلاص المغنيسيوم ، وأهم خواصه الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية ، ومايميزه عن أي عنصر فلزي آخر، فهو أخف العناصر الفلزية ، كما أنه يقاوم التآكل في الأجواء الجافة . ويبين المؤلف إن المغنيسيوم لايستخدم في صورة منفردة ولكن جميع استخداماته في صورة سبائك ، ومن ثم يستعرض المؤلف عدداً من منحنيات الاتزان الحراري للمغنيسيوم وبعض العناصر السبائكية ، ويتبع ذلك باستعراض أساليب ترقيم سبائك المغنيسيوم وتسميتها، ثم يتطرق المؤلف بعد ذلك إلى عرض سبائك المغنيسيوم التجارية بالتفصيل ومن أهمها سبائك : المغنيسيوم ـ ألمنيوم ، والمغنيسيوم ـ ألمنيوم ـ زنك،والمغنيسيوم ـ زنك ، والمغنيسيوم ـ زنك ، والمغنيسيوم ـ زركونيوم .. الخ وفي ختام الفصل استعرض المؤلف مقاومة المغنيسيوم وسبائكه للتآكل في أجواء مختلفة : جوية وبحرية .

والخلاصة أن كتاب (الفلزات الخفيفة وسبائكه) ثمرة طيبة تضاف إلى المكتبة نظراً لندرة أو ربما عدم وجود الكتب المؤلفة في هذا المجال. ويمثل هذا الكتاب مرجعاً ممتازاً لطلاب العلم في كليات الهندسة والعلوم ، والكليات التقنية ، كما أنه مرجع مفيد للغاية للمهندسين ، والعلميين والتقنيين العاملين في الصناعات المختلفة ، ومجال الإنشاءات المتنوعة . ولقد تميز هذا الكتاب بلغة سهلة سلسة ، وشرح المؤلف ـ في كامل الكتاب ـ المعنى الفيزيائي لكل مصطلح علمي ، ولم يهمل اللغة الأجنبية فقد وضع كتابه أمام المصطلحات العلمية بالعربية مرادفاتها باللغة الإنجليزية في المتن نفسه ، كما أفرد للمصطلحات العلمية ثبتين خاصين في نهاية الكتاب أحدهما عربي والآخر إنجليزي مرتبان ترتيباً ألفبائياً .

كما يحتوي الكتاب على العديد من الأشكال التوضيحية والرسوم البيانية والصور الضوئية التي تساعد على توضيح المعاني مما يساعد العاملين والمشتغلين بالمواد سواء في مجالات التصميم أو اختيار المواد للتطبيقات المختلفة ، أوفي تحليل أسباب فشل المادة وقصورها في الرجوع إلى الكتاب والاستعانة به .



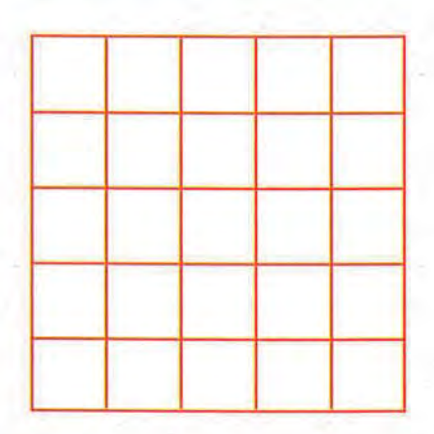
مساحة التفكير

مسابقة العدد

الشكل ذو الخمسة والعشرين مربعاً

تواصلاً مع مسابقة الأشكال ذات المربعات، فإنه يسرنا أن نقدم لكم في هذا العدد مربعاً آخر، ونهدف من ذلك الوصول إلى طريقة الحل والأسلوب العلمي المتبع للوصول إليه، وليس توزيع الأرقام بطريقة تعتمد على التجريب والعشوائية، ولذا فإن مسابقة هذا العدد تتمثل فيما يلي :

ضع الأعداد من ١ ـ ٢٥ في المربعات أدناه بحيث يكون مجموع الصفوف الأفقية والرأسية والقطرية متساوي، مع إيضاح طريقة الحل بالتفصيل .



أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة « **الشكل ذو الخمسة والعشرين مربعاً** » فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي : ـ

١ـ ترفق طريقة الحل مع الإجابة .

٢ـ تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء .

٣ـ يوضع عنوان المرسل كاملاً .

سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل ، وسيمنح ثلاثة من أصحاب الإجابة الصحيحة جوائز قيمة ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله .

حل مسابقة العدد الخامس والأربعين

الشكل ذو الستة عشر مربعاً

قراءنا الأعزاء :

كما عودناكم على نشر حل مسابقة العدد الماضي، يتمثل حل مسابقة هذا العدد في خطوتين الأولى هي تحديد مجموع الأعداد في كل صف والثاني توزيع الأعداد في كل مربع من المربعات الستة عشر، وعلى هذا يكون الحل كالتالي :

أولاً: تحديد مجموع الأعداد من ١ : ١٦ = ١٣٦ .

وبما أن عدد الصفوف الأفقية أو الرأسية = ٤ إذن فإن مجموع الأعداد في كل صف عمودي أو أفقي أو قطري سيكون = $\frac{١٣٦}{٤}$ = ٣٤

ثانياً : أما بالنسبة لتوزيع تلك الأعداد على المربعات الستة عشر، ففي الحقيقة هناك أكثر من توزيع صحيح ولذلك سننشر أكثر من توزيع لتلك الأرقام يحقق المطلوب وهي كالتالي:ـ

٣	٦	٩	١٦
١٠	١٥	٤	٥
٨	١	١٤	١١
١٣	١٢	٧	٢

١	١٣	١٢	٨
١١	١٤	٧	٢
٦	٣	١٠	١٥
١٦	٤	٥	٩

٤	١٥	١٤	١
٩	٦	٧	١٢
٥	١٠	١١	٨
١٦	٣	٢	١٣

٣	٨	١٣	١٠
٩	١٤	٧	٤
٦	١	١٢	١٥
١٦	١١	٢	٥

٥	١٢	٢	١٥
١٤	٣	٩	٨
١١	٦	١٦	١
٤	١٣	٧	١٠

١٤	٢	١١	٧
١٥	٣	١٠	٦
٤	١٦	٥	٩
١	١٣	٨	١٢

ويسعدنا أن نشكر القارئ م/ عبد المنعم عبد الله الدهان على الطريقة العلمية لحل المسابقة ونعتذر له حيث لم يحالفه الحظ بالفوز بجائزة هذا العدد .

أعزاءنا القراء

تلقت المجلة العديد من الرسائل التي تحمل حل مسابقة **العدد الرابع والأربعين « الشكل ذو الستة عشر مربعاً »** ، وقد تم استبعاد جميع الحلول التي لم تستوف شروط المسابقة ، وكذلك الرسائل التي وصلت متأخرة عن الموعد المحدد . وبعد فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كل من : ـ

١ـ أحمد رمضان عطية ـ الجوف

٢ـ حسن با بكر حسن ـ السودان

٣ـ فهد حمد عبد الله السناني ـ الرياض

ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدايا قيمة ، سيتم إرسالها لهم على عناوينهم ، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد المقبلة .

مصطلحات علمية (*)

※ محك **Abrasive**

مادة جامدة ذات مقاومة ميكانيكية وصلابة عالية تستخدم لأغراض التجليخ أو القطع . وتتكون إما من مواد طبيعية كالماس أو من مواد مصنعة كالمواد الخزفية .

※ منشط **Activator**

مواد أو مركبات يتم إضافتها لبدء التفاعلات الكيميائية ، إلا أنها لاتدخل في التفاعل .

※ فلزات نشطة **Active Metals**

العناصر الموجودة في المجموعتين الأولى والثانية في الجدول الدوري للعناصر ، وتتميز بسرعة تفاعلها سواء مع الأكسجين أو غيره .

※ متكتل **Agglomerate**

تجمع حبيبات أو جسيمات صغيرة ودقيقة من مادة واحدة أو من مواد مختلفة بصورة ما ـ تلبيد أو لصق أو غيرهما ـ لتكون كتلة كبيرة .

※ تبريد سريع في الهواء **Air quenching**

إحدى طرق التبريد السريع (التسقية) وتتم بتسخين المادة لدرجة حرارة عالية ثم تبريدها فجأة بسحبها من الفرن وتعريضها للهواء لكي تبرد ، ويصاحب ذلك تصلب الفلزات .

※ سبيكة **Alloy**

مادة تتكون أساسا بخلط عنصرين (على الأقل) على أن يكون أحدهما فلزاً . ويمكن أن تكون السبيكة ثلاثية أو رباعية أو أكثر ، كما يمكن أن يكون أحد عناصرها غير فلزي ، وتتميز السبائك بتفوق مقاومتها الميكانيكية ، ومقاومتها للتآكل مقارنة بمقاومة الفلز الواحد .

※ حجر اصطناعي **Artificial Stone**

أحجار يتم تصنيعها من خلطات مختلفة بهدف الحصول على خواص أفضل من خواص الأحجار الطبيعية من خلال زيادة المقاومة الميكانيكية ومقاومة الامتصاص .. وغيرها من الخواص الأخرى .

※ طاقة الترابط **Bond Energy**

الطاقة اللازمة للارتباط الكيميائي بين الذرات والتي بوساطتها يتم التصاق أو ارتباط ذرتين أو أكثر من المادة معا .

※ تقصف **Brittleness**

تكسر أو انهيار المواد انهياراً مفاجئاً دون أن تمر بمرحلة التشكيل اللدن .

※ اختبار الكسر **Breaking Test**

تقدير مدى مقاومة المادة للكسر ، وذلك بهدف تحديد مقدار الحمل اللازم (الاجهاد) لكسر المادة .

※ تحميص **Calcination**

تحلل المادة الجامدة بالحرارة إلى غاز ومادة جامدة أخرى مثل تحلل كربونات الكالسيوم إلى أكسيد كالسيوم وثاني أكسيد الكربون .

※ ألفة كيميائية **Chemical Affinity**

قابلية التفاعل ـ أو الاتحاد ـ الكيميائي بين العناصر أو المركبات المختلفة لتكوين مركبات أخرى .

※ فحم الكوك **Coke**

فحم ذو درجة عالية من النقاوة ، ناتج من طبخ (تكويك) الفحم الحجري وذلك بتسخينه لدرجة حرارة عالية في فرن خاص بمعزل عن الهواء بهدف إزالة المواد المتطايرة والكبريت .. وغيرها . ويستخدم الكوك في استخلاص الحديد من خاماته كمصدر للطاقة والاختزال في الأفران العالية .

※ إزالة الكربونات **Decarburization**

إزالة الكربون من سطح سبائك الفولاذ ـ أو أية سبيكة أخرى محتوية على كربيدات داخلية ـ بتسخين تلك السبائك في وسط يتفاعل مع الكربون الموجود في طبقات سطح المادة ، ويتم ذلك إما بالأكسدة مكوناً أكاسيد الكربون، أو بالاختزال بالهيدروجين مكونا الهيدروكربونات .

※ تآكل كهروكيميائي
Eletrochemical Corrosion

تآكل للمادة عند مرور التيار الكهربائي بين مناطق المصعد ومناطق المهبط المتكونة على سطح المادة الفلزية أو بين فلزين مختلفين .

※ استخلاص الفلزات بالكهرباء
Electrochemetallugy

إحدى طرق استخلاص الفلزات من خاماتها باستخدام الطاقة الكهربائية لتحليل محلول (أو مصهور) أملاح الفلز ، وفيها يترسب الفلز على المهبط حيث يتم تجميعه .

※ تصلد سطحي **Face - Hrdening**

زيادة صلادة سطح المادة ـ مقارنة ببقية جسمها ـ وذلك لمقاومة الجو والظروف المحيطة بها ، ورفع مقاومتها للحك والبري بالأجسام الخارجية .

※ صلادة **Hardness**

مقاومة المادة للتشكيل اللدن أو مقاومة الفلز للخدش أو الاختراق بمواد أخرى.

※ طروقية **Malleability**

قابلية المواد الفلزية للتشكيل اللدن تحت تأثير إجهادات الانضغاط المستمرة والمتواصلة بدون كسر أو انهيار المادة ، وتزيد طروقية الفلز كلما قلت القوة اللازمة لتشكيله بدون كسر .

※ فولاذ طري **Mild Steel**

فولاذ يحتوي على نسبة صغيرة من الكربون لاتزيد عن ٣,٠٪ ، وهو أقل أنواع الفولاذ صلادة ومقاومة ، ويعرف أيضا باسم الفولاذ منخفض الكربون .

※ قشرة **Scale**

طبقة رقيقة جداً من الأكسيد تتكون على سطح الفلز أو السبيكة عند التسخين لدرجة حرارة عالية .

※ صهر **Smelting**

تسخين الأكاسيد ـ أو الخامات عامة ـ لدرجة الانصهار ثم اختزالها في أفران مختلفة باستخدام الحرارة المتولدة من الوقود أو من الكهرباء .

※ سبائك متفوقة **Superalloys**

سبائك متطورة للاستخدام عند درجات الحرارة العالية بهدف مقاومة الاجهادات العالية الناتجة عن الشد والحرارة والاهتزازات أو الصدمات إضافة إلى مقاومة عالية للأكسدة أو التآكل الساخن، ومن أشهر السبائك المتفوقة سبائك النيكل المحتوية على الكروم والتنجستين وغيرها .

(*) المصدر :
معجم المصطلحات العلمية لعلوم هندسة المواد ، جامعة الملك سعود، ١٩٩٧م.



من أجل فلذات أكبادنا

نظرية تكون الجبال بالالتواء

هل تصدق أن أعلى قمة في العالم ـ قمة إفيرست ـ في شمال الهند كانت في يوم من الأيام في قاع البحر . هذا ما توصل إليه العلماء من دراسة محتويات طبقات الصخور المكونة لقمة الجبل من الكائنات الحية المتحجرة، لكن كيف حدث هذا ؟ يعتقد العلماء ـ والله أعلم ـ أنه قبل أكثر من ٦٠ مليون سنه تعرضت قارة آسيا إلى ضغط هائل بسبب حركة الصفائح الصخرية للقشرة الأرضية ، مما أدى إلى إنثناء تلك الطبقات إلى الاعلى مكونة جبال الهملايا ، كما يتوقع العلماء بأن جبال الالب في إيطاليا قد تكونت بهذه الطريقة .

وفي هذا العدد يسرنا أن نقدم لفلذات أكبادنا تجربة مبسطة توضح هذه النظرية ، تتمثل خطواتها في التالي:

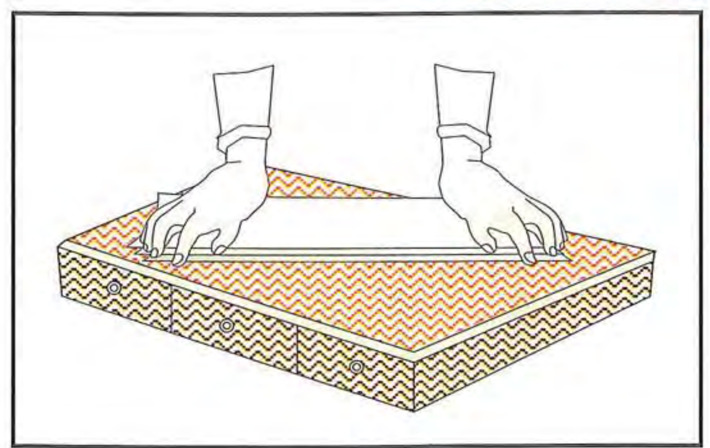
● الأدوات

مجموعة من ورق الكتابة مقاس كل منها ٥×٣٠سم ويكون مجموع سمكها حوالي ٥ملم على الأقل .

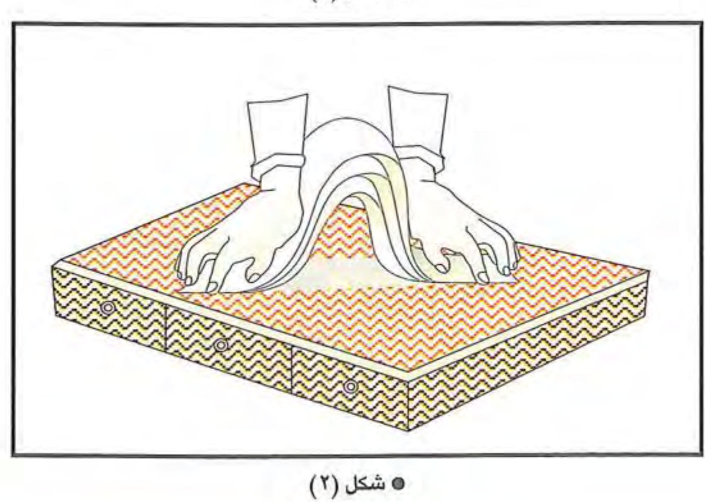
● الطريقة :

١- ضع مجموعة الأوراق على سطح مستوي ، شكل (١) .

٢- إضغط بيديك على طرفيها بإتجاه الداخل ، شكل (٢) .



● شكل (١)



● شكل (٢)

● المشاهدة :

ستشاهد التواء (إنبعاج) الأوراق إلى الأعلى . على هيئة طبقات متتالية وهو ما يمثل الطبقات التي تشكل هذا النوع من الجبال .

● الاستنتاج :

نستنتج من هذه التجربة أن الجبال قد تنشأ نتيجة للضغط الهائل الذي يقع على طبقات القشرة الأرضية ، والله تعالى أعلم .

المصدر : Young Scientist, V.1, P. 16



كيف تعمل الأشياء

أجهزة الليزر

إعداد : د. عطية بن علي الغامدي

٨ ـ ليزر أشباه الموصلات

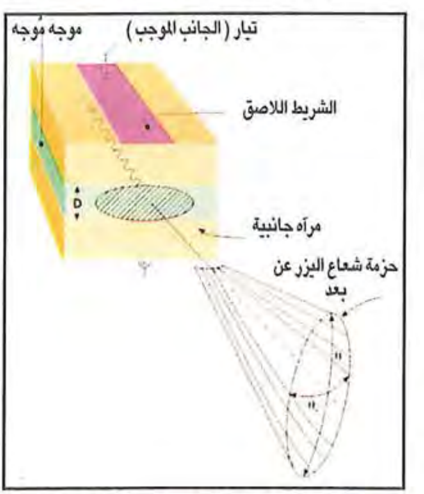
تعود تقنية ليزر أشباه الموصلات(Laser Semiconductors) إلى بداية علم أشباه الموصلات الذي ظهر إلى الوجود في أوائل الخمسينيات من هذا القرن ، ففي عام ١٩٥٣م أشار الفيزيائي جون نيومان (John Von Neumann) إلى إمكانية الحصول على تضخيم للضوء بالإنبعاث الحثي ولكنه لم يقترح أفكاره رسمياً .

ومنذ ذلك الحين كانت هناك عدة محاولات ـ من العلماء ـ لبلورة الأفكار عن استخدام تقنية الليزر في أشباه الموصلات حتى حلول عام ١٩٦١م حيث توصل العالم **نيكالاي باسوف (Nikalai Basov)** ومجموعته من معهد ليبيديف للفيزياء (Lebedev Physics Inistitute) بموسكو من وضع الأسس العلمية لتقنية ليزر الموصلات ، وقد نال العالم المذكور جائزة نوبل للفيزياء عن عمله في الليزر مشاركة مع العالم الروسي **بروخروف (Brochrov)** ـ رائد الليزر ـ والعالم الأمريكي **تاونيز (Townis)** . وفي عام ١٩٦٢م تم تصنيع ليزر الموصلات بواسطة أربعة مجموعات علمية من الولايات المتحدة .

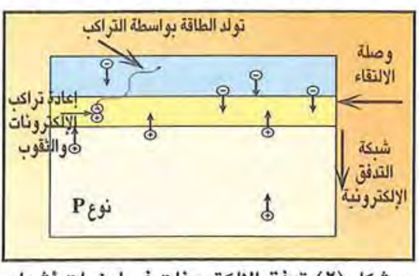
طـــريقة العمـل

يتركب ليزر أشباه الموصلات من طبقتين من أشباه الموصلات هما نوع ـP (P-type) ونوع ـN (N- type)، ويفصل هذين النوعين من أشباه موصلات طبقة من أشباه موصلات متشابهة وذلك لتشكيل وصلة صمام موجب / سالب (P/N Junction)، شكل (١) .

يتم تطبيق فولت على طرفي وصلة صمام ليزر أشباه الموصلات بطريقة الإنحراف الأمامي (Forward Bias) ، بحيث يتم تطبيق النهاية الموجبة للفولت مع الجانب الموجب من وصلة صمام ليزر أشباه الموصلات والنهاية السالبه للفولت مع الجانب السالب من وصلة صمام ليزر أشباه الموصلات ، وبهذه الطريقة يبدأ التيار بالتدفق. بعد توصيل الفولتية نجد أن



● شكل (١) صمام الليزر أشباه الموصلات.

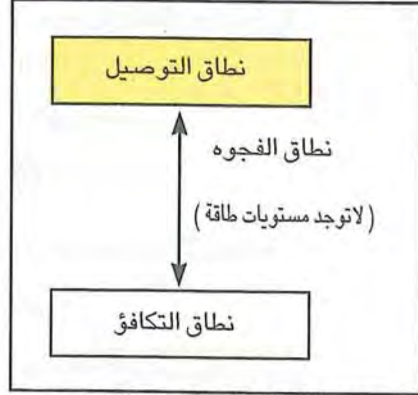


● شكل (٢) تدفق الإلكترونات في ليزرات أشباه الموصلات .

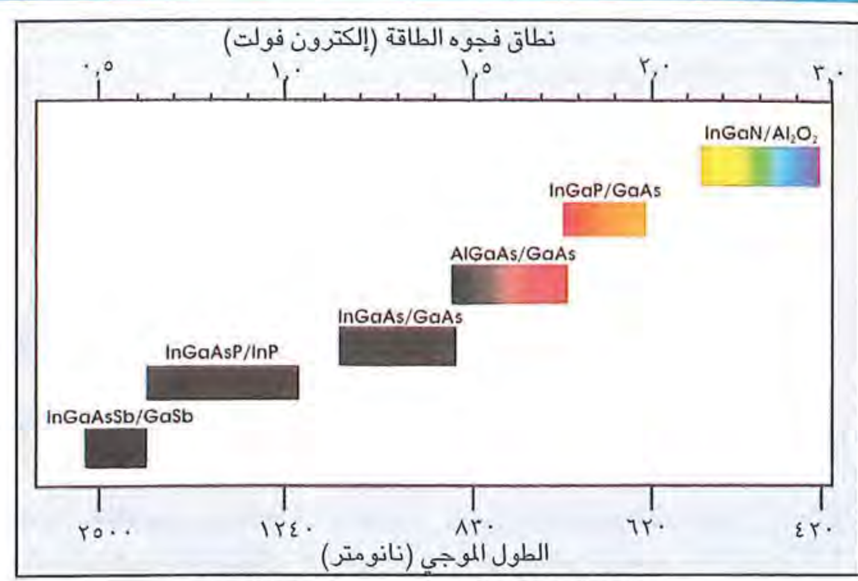
الشحنات التي تعمل كشحنات موجبه والتي تُسمى ثقوب (Holes) تتراكب مع الإلكترونات في وصلة (P/N) النشطة (P/N Junction) ، والإلكترونات في الجانب الموجب من صمام ليزر أشباه الموصلات تتراكب مع الثقوب في وصلة (P/N)النشطة ، كما في الشكل (٢).

تتولد الفوتونات الضوئية نتيجة لهذا التراكب في منطقة الوصلة (P/N) وتعتمد طاقة هذا الضوء على نطاق فجوة (Band Gap) مادة ليزر أشباه الموصلات .

الجدير بالذكر أن نطاق الفجوة في أشباه الموصلات عبارة عن المسافات في الطاقة بين نطاق التوصيل ونطاق التكافؤ كما في الشكل (٣). فعلى سبيل المثال ينجم عن نطاق فجوة ليزر موصل من نوع جاليوم- أرسونيد (Ga-As) طاقة تبلغ ١.٤ إلكترون فولت ، وتنتج فوتونات ضوئية بطول موجي حوالي ٨٥٠نانو متر (١٠-٩ متر) . أما في حالة تغيير مادة طبقات ليزر



● شكل (٣) نطاق التكافؤ ونطاق التوصيل ونطاق الفجوة في مادة أشباه الموصلات .



● شكل (٤) أنظمة ليزر أشباه الموصلات وأطوالها الموجية.

أشباه الموصلات إلى نوع ألومنيوم - جاليوم - أرسونيد (Al- Ga-As) - أو إنديوم - جاليوم - فوسفيت (In-Ga-P) اللذين لهما نطاق فجوات أعلى فإن الفوتونات الضوئية الناتجة تمتد من ٦٣٠ إلى ٨٥٠ نانو متر، من جانب آخر بتغيير مادة طريقة أشباه الموصلات إلى مادة ذات نطاق فجوة أقل - مثل إنديوم - جاليوم - أرسونيد - فوسفيت (In- Ga- As-P)

النظام	الطول الموجي بالنانومتر (10^{-9} م)
Ga As$_x$ P1-x	٩٠٠ - ٦٥٠
Al$_x$ Ga$_{1-x}$ As	٩٠٠ - ٦٥٠
Ga As	٩٠٠
In P	٩١٠
Ga Sb	١٥٠٠
In As$_x$ P$_{1-x}$	١٦٠٠
In$_x$ G$_{1-x}$As	٢١٠٠ - ١٨٠٠
In$_x$ Ga$_{1-x}$ P	٧٦٠
In As	٣١٠٠
In As$_x$ Sb$_{1-x}$	٣٢٠٠
In Sb	٥٤٠٠
PbS	٤٣٠٠
Pb Te	٦٥٠٠
Pb Se	٨٥٠٠
Pb$_x$ Sn$_{1-x}$Te	٣٠,٠٠٠ - ٦٥٠٠
Pb$_x$ Sn$_{1-x}$Se	١٢,٠٠٠ - ١٠,٠٠٠

جدول (١) أنظمة معادن ليزر أشباه الموصلات وأطوالها الموجية

فإن الضوء الناتج يمتد من نطاق ٨٥٠ الى ١٦٠٠ نانو متر، ويوضح الشكل (٤) بعض أنظمة ليزر أشباه الموصلات وأطوالها الموجية، كما يوضح الجدول (١) قائمة بأنظمة بعض فلزات أشباه الموصلات وأطوالها الموجية.

وتصمم ليزرات أشباه الموصلات، شكل (٥) بسمك أقل من ١٠ ميكرون (١٠^-٥ م) بحيث تكون هناك مرايات عاكسة جزئياً تعمل على تضخيم الضوء الصادر داخل الصمام شبه الموصل. ومن ضمن



● شكل (٥) مجموعة مختلفة من ليزرات أشباه الموصلات.

تصميم ليزر أشباه الموصلات كذلك وجود ما يسمى "بموجه الموجة" (Wave guide) داخل شبه الموصل يعمل على تقييد الضوء لحجم صغير بين المرايات، شكل (١).

وتعد منطقة مُوجه الموجة المنطقة الوحيدة التي يتم فيها التضخيم الكهربائي حيث يُنفذ ذلك من خلال شريط لاصق يقع بين المرايا، ويكون هذا الشريط - غالباً - على الجانب الموجب (P-Type) من الليزر بالقرب من منطقة تراكب الثقوب والإلكترونات الفعالة (P/N)، أما الجانب السالب (N-Type)، من شبه الموصل فيُربط بجهاز يسمى إبتاكسي. وينجم عن الحجم الصغير لليزر أشباه الموصلات تكوين حجم صغير للضخ مما يؤدي إلى وجود عتبة (Thershold) تيار منخفض.

الجدير بالذكر أن الضوء المنبعث من ليزر أشباه الموصلات ينطلق منفرجاً بنحو ٣٠ درجة عمودياً على الوصلة (P/N)، وعلى ١٠ درجات موازياً لها، وقد يتغير هذا الميل بنسبة ٥٠٪ حسب تركيب المادة والطول الموجي، ولربط الضوء المنفرج بالأنظمة الضوئية يلزم وجود عدد من العدسات والمرايا.

التطبيقات

يستفاد من ليزر أشباه الموصلات في تطبيقات كثيرة، وتتركز تلك التطبيقات في الوقت الحالي على التالي:

١ـ الإتصالات في الفضاء (Free Space Comunication).

٢ـ ناقلات ضوئية خلال الألياف البصرية (Fiber Optics Transmissions).

٣ـ مستشعرات ضوئية (Optical Sensors).

٤ـ أجهزة الليدار (Lidar Systems)

٥- صمام ضوئي (Optical Fusing) يعمل كأداة أمان لقطع العملية عند الضرورة.

٦ـ مفتاح أو قاطع بسرعة عالية (High speed switching).

٧ـ تحديد المسافة بالليزر (laser ranging finding).

٨ـ بعض التطبيقات العسكرية والطبية.

٩-أسطوانات الليزر (CD.ROM).



القضبان البلاستيكية المقواة بالشعيرات الزجاجية خواصها وتطبيقاتها في المنشآت الخرسانية

تتميز القضبان البلاستيكية المقواة بالشعيرات الزجاجية بخفة الوزن وارتفاع قوة الشد القصوى مقارنة بقضبان التسليح الحديدية ، كما أنها غير قابلة للتآكل وغير موصلة للحرارة والكهرباء وغير مغناطيسية ، مما يجعلها بديلاً مناسباً للقضبان الحديدية المستخدمة في تسليح الخرسانة ، خاصة في المنشآت التي تقام في بيئات تساعد على التآكل ، حيث تشكل تكاليف الحماية والإصلاح والصيانة الدورية عبئاً إضافياً.

على الرغم من المميزات السابقة للقضبان البلاستيكية المقواة بالشعيرات الزجاجية إلا أن لها بعض الخواص التي تجعل استخدامها كبديل للقضبان الحديدية مجال تساؤل ، فهي على سبيل المثال ، ذات معامل مرونة منخفضة ـ تبلغ ثلث معامل مرونة القضبان الحديدية ـ لذا فإن الخرسانة المسلحة بهذه القضبان البلاستيكية تختلف عن تلك المسلحة بالحديد من حيث الأداء ، مما يحتم إعادة النظر في طريقة تصميم هذه القضبان، ومراجعة معادلات التصميم التي تم تطويرها للقضبان الحديدية والتأكد من إمكانية استخدامها لهذه القضبان.

وقد قامت **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** في الفترة من ١٤١٤إلى ١٤١٧هـ، بتدعيم مشروع بحثي تحت عنوان «القضبان البلاستيكية المقواة بالشعيرات الزجاجية : خواصها وتطبيقاتها في المنشآت الخرسانية» للباحث الرئيسي **الدكتور صالح بن حامد السيد** ، جامعة الملك سعود.

يهدف المشروع إلى دراسة الخواص الميكانيكية لهذه القضبان ، كما يهدف أيضاً إلى دراسة سلوك العوارض الخرسانية المقواة بهذه القضبان مقارنة بمثيلاتها المقواة بالقضبان الحديدية.

وجرى العمل في هذه الدراسة على مسارين متوازيين ، هما : المسار النظري ، حيث تم استخدام التحصيل العددي بواسطة برامج الحاسب الآلي ، والمسار التجريبي ، حيث قام الباحثون بتصنيع العوارض الخرسانية مستخدمين كلاً من القضبان البلاستيكية والحديدية ، والقيام بالتجارب المخبرية عليها.

على ضوء نتائج هذين المسارين ، النظري والتجريبي ، تم اقتراح التعديلات الملائمة لمعادلات التصميم المستخدمة للقضبان الحديدية لاستخدامها في تصميم الخرسانة المقواة بالقضبان البلاستيكية.

وفي سبيل الوصول إلى ذلك ، فقد قام الباحثون بإنجاز عدة خطوات ، يمكن إيجازها فيما يلي :ـ

* استعراض الخواص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية للقضبان البلاستيكية المقواة بالألياف الزجاجية ، ومزايا وعيوب استعمال تلك القضبان لتسليح المنشآت الخرسانية وطرق تصنيعها.

* عرض ملخص للدراسات السابقة ـ المتوفرة في الأدبيات ـ التي تم إجراؤها لدراسة أداء العناصر الخرسانية المسلحة بالقضبان البلاستيكية ، مع عرض النظريات المستخدمة في تصميم العناصر الخرسانية المسلحة بالقضبان المعدنية ، ومدى صلاحية تطبيقاتها على العناصر الخرسانية المسلحة بالقضبان البلاستيكية.

* عرض أنموذج تحليلي تم تطويره كجزء من هذا البحث لتوقع النتائج العملية لحساب القوى القصوى والإزاحات ، وإستعماله في استنباط بعض التعديلات على العلاقات المعتمدة لحساب القوى القصوى للمقاطع الخرسانية والحدود التشغيلية لجعلها صالحة للإستعمال للعوارض المسلحة بالقضبان البلاستيكية.

* مقارنة قيم الإنحرافات الرأسية المقاسة للعوارض الخرسانية التي تم إختبارها تحت تأثير قوى العزوم مع مايقابلها من قيم يتم توقعها باستعمال النماذج الأخرى.

* توضيح طريقة إشتقاق القوانين الخاصة بأقل نسبة يسمح بها تسليح القضبان البلاستيكية.

* التركيز على قدرة القضبان البلاستيكية على مقاومة قوى القص ، وذلك من خلال نتائج الإختبارات التي أجريت على ٢٤ عارضة تم تصميمها واختبارها لتقويم قدرة تلك القضبان على مقاومة قوى القص ، كما تم عرض الصيغة الرياضية التي تم استنباطها بناء على النتائج العملية.

* استعراض التطبيقات العملية التي تم فيها إستخدام تلك المواد لتسليح بعض المنشآت الخرسانية في بعض دول العالم.

• النتائج

تمثلت أهم نتائج البحث فيما يلي :ـ

* اعتماد قوة الشد ومعامل المرونة للقضبان البلاستيكية على مقاس القضيب ، حيث تزداد قيمة قوة الشد كلما قل قطره . ويصل معامل التغير لقوة الشد ، ومعامل المرونة للمقاس الواحد من القضبان إلى حوالي ٦٪ و ٨٪ على التوالي.

* دقة الأنموذج التحليلي المقترح ـ مقارنة مع النماذج الأخرى ـ في توقع قيم الانحرافات الرأسية المقاسة للعواض الخرسانية.

* توافق بين النتائج المحسوبة والمقاسة ـ لعمق العوارض الخرسانية ـ مما يدل على صلاحية الاشتقاق الرياضي لحساب الحد الأدنى للعمق.

* توافق بين قيم قوة القص المقاسة في المعمل ، والمحسوبة باستعمال الصيغة الرياضية المقترحة.

* تأثير طفيف للقضبان البلاستيكية ـ عند وضعها في المنطقة المعرضة للضغط في العوارض الخرسانية ـ على القوى القصوى والانحراف الرأسي لتلك العوارض.

العصائر تضر بالرُضّع

أشارت دراسة حديثة إلى أن العصائر قد تعيق نمو الأطفال الرضع، ولتحري الأسباب يذكر تقرير صدر أخيراً بمجلة طب الأطفال في يناير ١٩٩٧م أن اطلاق العنان للطفل ليأخذ ما يحتاجه من سعرات حرارية من العصائر فقط لايفسح المجال لديه لياخذ مواد ذات قيمة غذائية أكبر.

وظهرت الآن دراسة حديثة تسلط الضوء على تفسير آخر لمضار تناول العصائر وهي أن السكر الموجود في العصائر المشهورة صعب الامتصاص بواسطة الأطفال.

أجرى كونراد كول **(Conrad R. Cole)** وزملاؤه في مركز ميموندس الطبي بنيويورك دراسة شملت عشرة أطفال أصحاء في سن ٥ إلى ٧ شهور تم إداخل كل واحد منهم في حجرة زجاجيه لمدة ثلاث ساعات وتم قياس نشاطهم خلال تلك المدة، وبعد ساعة واحدة تم قياس غاز الهيدروجين المنبعث منهم وهم داخل الحجرة، وذلك لقياس مدى امتصاص السكر لديهم، حيث أن ازدياد نسبة الهيدروجين يدل على سوء امتصاص السكر.

كانت مستويات الهيدروجين عند الأطفال قبل أخذهم لأربع أوقيات من العصائر المختلفة أقل من ١٠ أجزاء من مليون ولكنها إرتفعت إلى ١١ جزء من مليون في حالة تناول عصير العنب الأبيض، وإلى ٣٥ جزء من مليون عند الأطفال الذين تناولوا عصير الكمثرى.

أظهرت قياسات نشاط الأطفال أن الذين تناولوا عصير العنب الابيض خلدوا إلى الراحة ثم ناموا، أما الذين تناولوا عصير الكمثرى فلم يهدأوا وبدأت عليهم علامات الضيق.

تختلف العصائر بعضها عن بعض في كمية ونوع ما تحتويه من مواد سكرية، ويذكر كول أن الاختلاف الرئيس بين عصير العنب الأبيض والكمثرى في أن الأخير يحتوي على كميات كبيرة من السوربيتول (Sorbitol) بينما لايحتوي عصير العنب الأبيض على أي كمية منه، وعليه يرى كول ضرورة عدم إعطاء الأطفال حتى عمر سنة واحدة أي عصائر تحتوي على كمية كبيرة من السوربيتول مثل الكمثرى والتفاح.

المصدر:

Science News, Vol 152, May 1997, P. 279

بذور الفوفل وسرطان الفم

يقدر عدد الذين يمضغون بذور نخيل الفوفل (Betel Nuts) بحوالي عُشْر سكان العالم، و هي بذور قابضة للأنسجة ومسببة للادمان فضلاً عن أنها مُتهمة بالتسبب في سرطان الفم منذ عام ١٩٨٤م، ورغم معرفة العلماء للعلاقة بين مضغ هذه البذور وسرطان الفم منذ ذلك الحين الا أنه تم الكشف أخيراً عن أن وجود كميات غير عادية من النحاس في هذه البذور كان السبب وراء المرض المذكور.

يكثر استهلاك بذور الفوفل ـ يطلق عليها أيضاً بذور الأريقة (Areca nuts) ـ بين مواطني جنوب شرق آسيا، وقد أشارت دراسة التحاليل الكيميائية التي أجريت أخيراً على أطعمة مكسرات هذه البذور على احتوائها على ٥ر١ إلى عشر أضعاف النحاس التي تحتويه أنواع المكسرات المستهلكة في بريطانيا، ويقول الباحثون من الكلية الملكية لجراحي الفم والأسنان في كلية كنج بلندن ـ الذين أجرو الدراسة المذكورة ـ أن لعاب الأشخاص الذين يمضغون ثلاثة جرامات من بذور الفوفل يحتوى على نسبة عالية من النحاس، ورغم صعوبة مقارنة مايمكن أن يمتصه الجسم من نحاس بسبب مضغ بذور الفوفل إلا أن الباحثين يقدرون أن جسم الشخص العادي في جنوب شرق آسيا يمكنه أن يمتص يومياً خمسة أضعاف مايمتصه الشخص العادي في الولايات المتحدة الامريكية.

وتشير دراسة سابقة إلى وجود علاقة بين مضغ بذور الفوفل وظهور الأعراض الأولى لمرض سرطان الفم المتمثلة في ازدياد البثور تحت الأغشية المخاطية للفم. ويتوقع الباحثون بلندن أن النحاس يمكنه أن يحطم بعض المورثات ويتسبب بذلك في ظهور أعراض سرطان الفم خاصة وأن أبحاث سابقة قد أشارت إلى علاقته بمرض بثور وتيبس الكبد (Liver Scarring & Sclerodermal) وهو مرض نادر من أمراض المناعة الذاتية الذي يتسبب في انحلال الأنسجة الضامة مما يشكل خطورة على الأوعية الدموية.

المصدر:

Science News, Vol 151, May 1997 P 337.

الثوم المخزّن وسرطان البروستات

أشارت دراسة معملية حديثة إلى وجود مركب مستخلص من الثوم غير الطازج (Aged Garlic) له مقدرة فائقة في إزالة خلايا سرطان البروستات.

قام باحثون من مركز سلون كيلرنج (Sloan Kellering) التذكاري للسرطان في نيويورك بإجراء تجارب على مجموعة خلايا لديها صفات عديدة شبيهة بخلايا البروستات المريضة مثل التكاثر السريع عند تعرضها لهرمون الذكورة الرئيس المعروف بالتستو ستيرون (Testosterone) أو الهرمون (DHT) ـ الاكثر نشاطاً ـ المنتج بوساطة الجسم من هرمون التستو ستيرون.

ويذكر ريتشارد ريفلين **(Richard S.Rivlin)** مدير المركز المذكور أن تجارب زراعة الخلايا في المختبر أوضحت ايضاً إمكانية إنتاج مواد كيميائية مميزة في صفاتها تشبه المواد المنتجة بواسطة الخلايا السرطانية في البروستات البشرية.

قامت مجموعة ريفلين بتعريض الخلايا المذكورة إلى مركب (S-allymercapto Cysteine-SAMC) ـ مركب كبريتي يتكون نتيجة لحفظ الثوم الطازج لبعض الوقت ـ أدى إلى ازدياد نسبة تكسير هرمون التستو ستيرون للخلايا السرطانية ليصل إلى حوالي أربعة أضعاف نسبة تكسير الخلايا السليمة، وفضلاً عن ذلك فإن المركب المذكور يستهدف التستو ستيرون فقط ولايكّون هرمون الـ (DHT) أثناء التفاعل.

ويذكر جون بنتو **(John T Pinto)** أحد المشاركين في الدراسة المذكورة أن المركب المستخلص من الثوم المخزّن يعمل وكأنه يحرم الخلايا من هرمون التستو ستيرون.

ويذكر بنتو أن تناول أقراص الثوم المخزّن بجرعة مناسبة يمكنها أن تبطيء نمو الخلايا السرطانية بنسبة ٧٠٪ مقارنة بالاشخاص الذين لا يتناولون تلك الأقراص.

وقد أشارت الدراسة إلى فوائد أخرى لاقراص الثوم المخزَّن منها أنها توقف إنتاج نوعين من البروتينات إضافة إلى إيقاف إنتاج مستضد البروستات المميز (prostate-specific Antigen-PSA) الذي تنتجه الخلايا ويستدل به ـ عند فحص الدم ـ على سرطان البروستات.

ويذكر بنتو أن الأقراص المذكورة قللت نسبة مستضد البروستات (PSA) بنسبة كبيرة مما يؤكد فاعليتها في أبطاء نمو الورم السرطاني بسبب أن مستضد (PSA) يساعد على نمو وانقسام الخلايا السرطانية.

ويعلق جون ميلنر **(John A. milner)** من جامعة ميتشجان أنه من النتائج المتحصل عليها حتى الآن يبدو أن مركب (SAMC) المنتج من الثوم المخزَّن سيكون واعداً ـ بإذن الله ـ في علاج سرطان البروستات خاصة في ضوء شح سبل العلاج الموجودة حتى الآن لهذا المرض.

ويعلق ريفلين أن هذا لايعني اللجوء إلى تناول الثوم الطازج لأن إنتاج الكميات اللازمة من مركب (SAMC) للعلاج قد لايحدث إلا بعد تخزين بصل الثوم لمدة سنة على الأقل.

المصدر:

Science News, Vol 151, April 1997, p. 239



الأخوة القراء الكرام

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته وبعد :-

أهلاً بكم في مجلتكم مجلة العلوم والتقنية وقد أثلج صدورنا الإقبال المتزايد على هذه المجلة سواء عبر الرسائل البريدية أو الاتصالات الهاتفية أو حتى الحضور إلى مقر المجلة . وما نود أن نشير إليه في هذه الصفحة هو أننا لا نهمل أي رسالة وصلتنا ولكن قد يكون هناك ظروف معينة تحول دون وصول بعض الرسائل . فليس هناك ما يمنع من تكرار المحاولة ، والله الموفق .

● **الأخ / حسن علي حجي - الرياض**

وصلتنا رسالتك ونشكر لك اطراءك الحسن للمجلة والقائمين عليها ، ويسعدنا إدراج إسمك ضمن قائمة التوزيع ، وسوف تصلك الأعداد المتوفرة من الأعداد السابقة .

● **الدكتور / مصطفى علي الرميضان - الهفوف**

يسعدنا وصول رسالتك إلينا ، كما يسعدنا إدارج إسمك ضمن قائمة التوزيع.

● **الأخوة / حيدر مصطفى القطراني ، عامر مهدي العبادي - إيران**

شكراً على إعجابكم بالمجلة ، ويسرنا تزويد كل منكم بنسخة منها بصفة دورية.

● **المهندس / عبدالله يوسف الغرباوي - الرياض**

سوف تصلك الأعداد المطلوبة بإذن الله على عنوانك ، ويامرحباً .

● **الأخ / عبدالله محمد الفهد - الرياض**

وصلتنا رسالتك بكل سرور ويسرنا ادارج عنوانك ضمن قائمة توزيع المجلة .

● **الأخ / إبراهيم محمد الدريس - عنيزه**

شكراً على إعجابك بالمجلة ، ويسعدنا أن ندرج إسمك ضمن قائمة الاهداءات .

● **الأخ / نبيه عبدالرحمن الشعيبي - الاحساء**

نشكرك على رسالتك التي حملت كثيراً من عبارات الشكر ، أما من ناحية هل صدر عدد خاص عن الخرسانة ؟ أو هل تنوى المدينة إصدار ذلك ؟ فلم يتم ذلك ، ولكن نأمل أن يتحقق ماتقترحه في المستقبل إن شاء الله ، كما يسرنا إدارج إسمك ضمن قائمة إهداءات المجلة .

● **الأخ / عادل بن خليل - الاحساء**

أهلاً بك قارئاً للمجلة ويسعدنا إدارج إسمك ضمن قائمة التوزيع .

● **الأخ د٠ / وجدي عبدالفتاح سواحل - مصر**

نشكرك على رسالتك وسندرج عنوانك ضمن قائمة من تصلهم المجلة .

● **الأخ / عبدالله صالح الدهامي - الرياض**

نشكرك على رسالتك التي حملت الكثير من عبارات الشكر والإعجاب للمجلة والقائمين عليها ، ويسعدنا إدراج إسمك ضمن إهداءات المجلة .

● **الأخوة / عبداللاري رمضان ، عيس فاتح بن داوود ، سلطانة محمود - الجزائر**

سعدنا بوصول رسائلكم ويسرنا تلبية رغباتكم بأدراج عناوينكم ضمن قائمة توزيع المجلة .

● **الأخ / عواد الجاسم - سوريا**

نشكرك على إعجابك بالمجلة ويسعدنا أن ندرج اسمك ضمن قائمة التوزيع .

● **الأخوة / لغواطي قدور ، ثابت العياشي ، بياز عبدالرزاق - الجزائر**

سوف تصلكم المجلة إن شاء الله بصفة دورية ، وأهلاً بكم .

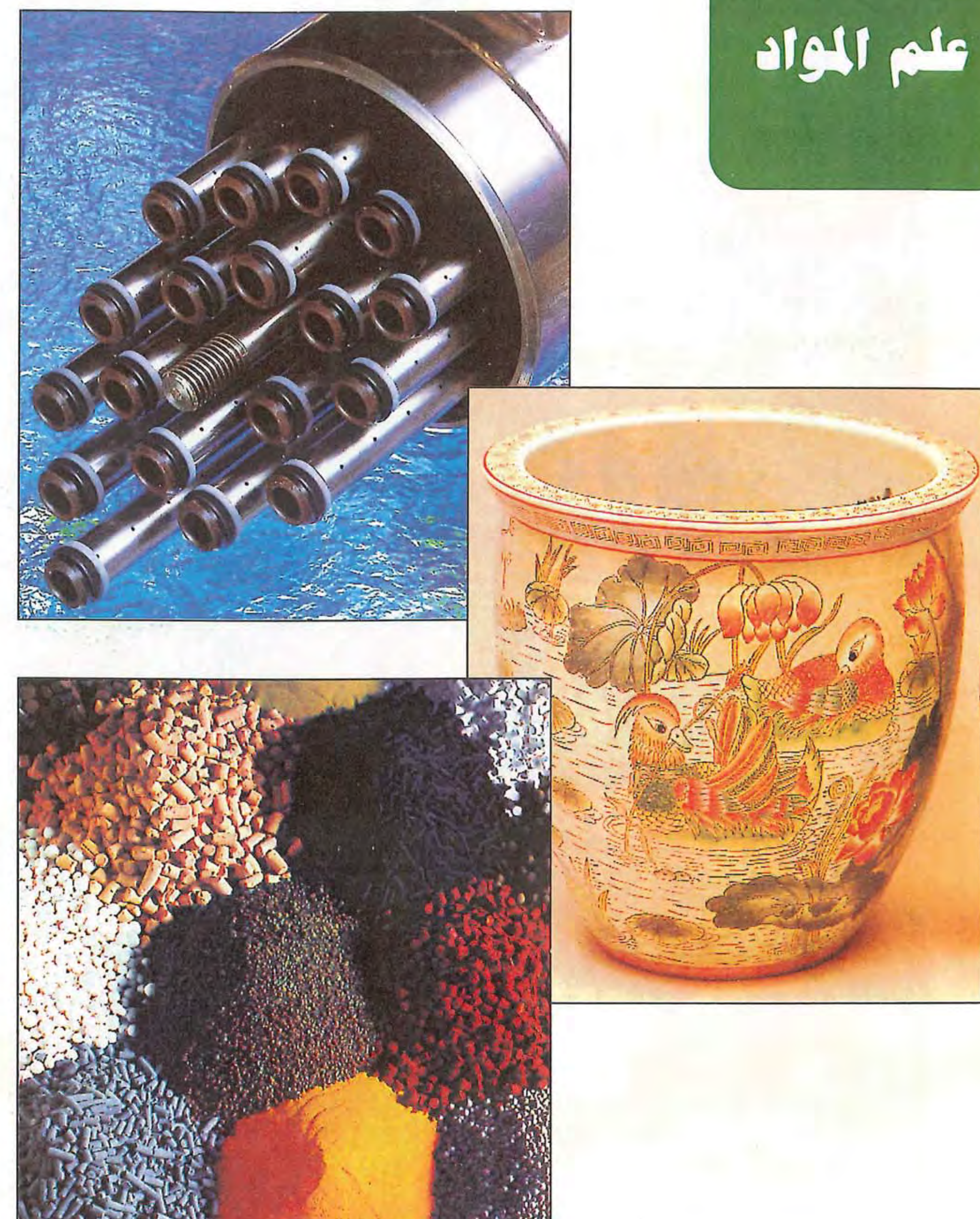
● **الأخ / مكي اسماعيل - الجزائر**

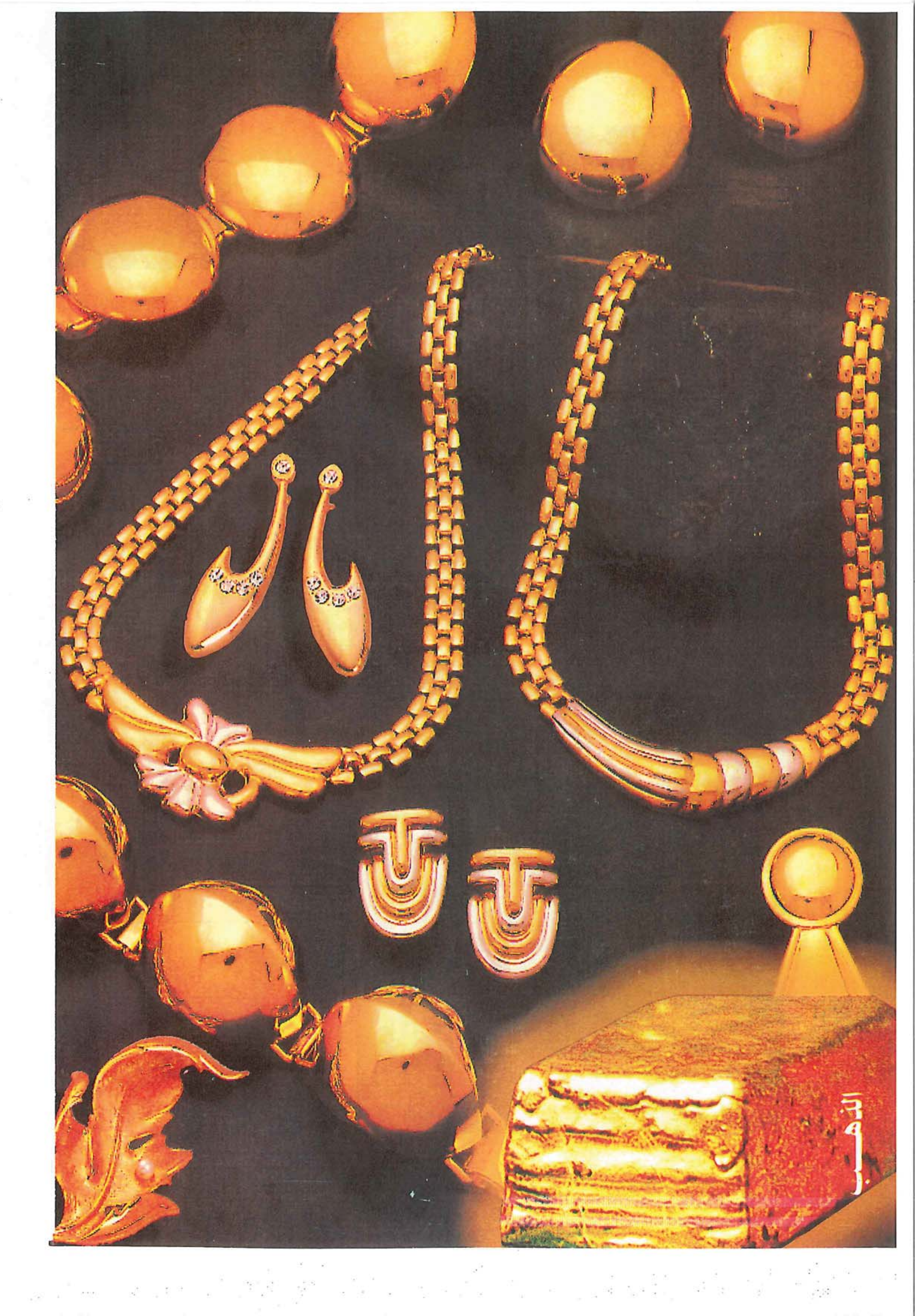
أهلاً بك صديقاً للمجلة ، وسيتم تغيير عنوانك حسب طلبك إلى العنوان الجديد.

في

العدد المقبل

علم المواد




الذهب



مجلة علمية فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية ● السنة الثانية عشرة ● العدد الثامن و الأربعون ● شوال ١٤١٩هـ / يناير ١٩٩٩م.

K.S.A. 100 YEARS

توحيد وبناء

الثروة المعدنية

(الجزء الثالث)

- الزئبق
- الكروم
- القصدير

ISSN 1017 3056

بسم الله الرحمن الرحيم

منهـــاج النشـــر

أعزاءنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تـفتح أبوابها لمساهماتكم العلمـية واستقبـال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :ـ

١ـ يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لايفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .

٢ـ أن يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .

٣ـ في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتبـاساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال .

٤ـ أن لايقل المقال عن أربع صفحات ولايزيد عن سبع صفحات طباعة .

٥ـ إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .

٦ـ إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .

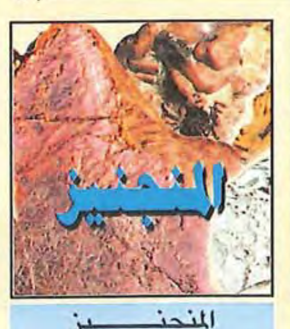
٧ـ المقالات التي لاتقبل النشر لاتعاد لكاتبها .

يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح مابين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

محتويـــات العـــدد


الرصـــاص


الفلزات النفيسة (٢)



المنجنـــيز

المراســـلات

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر

ص.ب ٦٠٨٦ ـ الرمز البريدي ١١٤٤٢ ـ الرياض

ترسل المقالات باسم رئيس التحرير ت : ٤٨٨٣٤٤٤ ـ ٤٨٨٣٥٥٥

journal of Science & Technology

King Abdulaziz City For Science & Technology

Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086

Riyadh 11442 Saudi Arabia

العلوم والتقنية





قراءنا الإعزاء

بمناسبة حلول عيد الفطر المبارك فإنه يسر هيئة تحرير مجلة " العلوم والتقنية " والقائمين عليها أن يتقدموا للقراء الأعزاء بأحر التهاني وأطيب التبريكات ، سائلين المولى القدير أن يعيده علينا وعليهم وعلى الأمتين العربية والإسلامية باليمن والبركات.

قراءنا الإعزاء

بصدور هذا العدد تودع المجلة عامها الثاني عشر من عمرها المديد بإذن الله تعالى ، سائلين الله أن يستمر التواصل فيما بيننا لإكمال المسيرة ، بما يخدم وطننا وأمتنا ولغتنا العربية.

قراءنا الإعزاء

يقول الحق تبارك وتعالى في كتابه العزيز: ﴿ ولقد كرمنا بني آدم وحملناهم في البر والبحر ورزقناهم من الطيبات وفضلناهم على كثير ممن خلقنا تفضيلا ، الإسراء ، الآية ٧٠ ﴾ . هذا تشريف من الله لبني البشر ، حيث كرمهم ورزقهم من الطيبات ، ومما لا شك فيه أن كنوز الأرض وثرواتها تعد من الطيبات التي ذكرها الله.

وعرفاناً منا بفضل الله علينا وإستكمالاً لمواضيع العددين الخامس والأربعين والسادس والأربعين اللذين تناولنا فيهما الثروة المعدنية ، فإنه يسعدنا أن نتواصل معكم ـ من خلال هذا العدد ـ في تغطية فلزات أخرى ضرورية لحياة الإنسان اليومية من الناحية الإقتصادية والصناعية ، وهي : الزئبق ، والرصاص ، الفضة والبلاتين ، والقصدير ، والكروم ، والمنجنيز ، والفلزات القلوية ، والفلزات القلوية الترابية ، متناولين خواصها الطبيعية والكيميائية والميكانيكية ، ومصادرها ، وأماكن وجودها ، وطرق إستخلاصها وتنقيتها ، ومركباتها ، وإستخداماتها ، وتأثيراتها على البيئة والصحة العامة.

وحسب ما جرت عليه العادة يضم هذا العدد كذلك الأبواب الثابتة التي درجت المجلة على تضمينها في كل عدد.

والله من وراء القصد ، وهو الهادي إلى سواء السبيل

العلوم والتقنية



*****





برنامج علوم الأرض

يعد برنامج علوم الأرض أحد البرامج التي يشرف عليها معهد بحوث الموارد الطبيعية والبيئة بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية. ويقوم هذا البرنامج بممارسة الأنشطة البحثية والتطبيقية والخدمية التي تُحدد أولوياتها على ضوء الحاجة الوطنية إليها، وعلى ضوء ما تكشف عنه عمليات المتابعة والأستقصاء المستمرة عن وجود ثغرات معرفية في بعض المجالات الهامة.

وعلى الرغم من قيام البرنامج بتنفيذ العديد من المشاريع والأنشطة البحثية إلا أن المشاريع ذات العلاقة بمصادر المياه والخامات المعدنية بالملكة تكتسب إهتمام خاص في أنشطة هذا البرنامج.



أهداف البرنامج

يهدف برنامج علوم الأرض بشكل أساس إلى تجهيز المعلومات القاعدية الضرورية الملائمة لنشاطات المعهد المختلفة، إضافة إلى إجراء الأبحاث والدراسات في مجال مصادر المياه والمعادن (عدا البترول)، ويمكن حصر أهداف البرنامج فيما يلي :

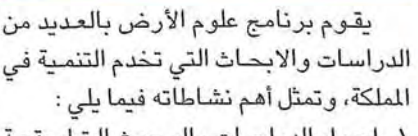
١ـ رفد المعرفة الإنسانية الوطنية والإقليمية والعالمية بمزيد من المعلومات عن جيولوجية وهيدرولوجية المملكة .

٢ـ المساهمة في إرساء قواعد التنمية في استثمار الموارد المائية في المملكة .

٣ـ استثمار وتنمية وترشيد استخدام المعادن والصخور وتحديد مجالات صلاحياتها الصناعية والزراعية والعمرانية .

٤ـ التعرف على والحماية من مخاطر الكوارث الطبيعية ودرئها وتطويعها بما يخدم التنمية في المملكة.

٥ـ التخفيف من أضرار التلوث الناجم عن التحجير والتعدين .



نشاطات البرنامج

يقوم برنامج علوم الأرض بالعديد من الدراسات والابحاث التي تخدم التنمية في المملكة، وتمثل أهم نشاطاته فيما يلي :

١ـ إجراء الدراسات والبحوث التطبيقية الجيولوجية لمعرفة مصادر المياه والثروات المعدنية والمخاطر الطبيعية واستخدامات الأراضي .

٢ـ إجراء بحوث في مجال التطبيقات الصناعية في مصادر المياه والثروات المعدنية .

٣ـ دراسة الآثار البيئية الناجمة عن استثمار واستخدام الثروات الطبيعية .

٤ـ إجراء البحوث التطبيقية في مجال بقايا الاستخراج وإعادة الاستخدام (RECYCLING).

٥ـ بناء قاعدة معلومات علمية للثروات الطبيعية غير المتجددة .

٦ـ دراسة نظام التغذية المائية في التجمعات والكثبان الرملية، والمشاركة في دراسة طرق ومنهجيات تثبيتها ودرء مخاطرها .

أقسام البرنامج

يندرج تحت هذا البرنامج ثلاثة أقسام يتصل كل منها بنشاطاته وإنجازاته، وهي كالتالي :

● مصادر المياه

تتمثل أنشطة قسم مصادر المياه فيما يلي:-

١ـ الدراسات التي تدعم جهود حصر الموارد المائية في المملكة .

٢ـ إنشاء وتشغيل النماذج الرياضية الخاصة بدراسة التوقعات المستقبلية لاستعمال المياه .

٣ـ توثيق وتحليل معلومات الموارد المائية .

٤ـ دراسات تأثير تغير المناخ على الموارد المائية .

٥ـ دراسات التنمية القابلة للاستمرار في مجال الموارد المائية .

٦ـ حيازة واستعمال الأجهزة الحديثة في مجال استكشاف الموارد المائية .

● قسم الثروات المعدنية

يتم من خلال قسم الثروات المعدنية إجراء الدراسات التالية:-

١ـ التعرف على أماكن وجود المعادن وخواصها الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية والتكوينية ومدى وفرتها .

٢ـ دراسة إمكانية الاستفادة من الثروات المعدنية في التطبيقات الصناعية .

٣ـ دراسة الآثار البيئية في أعمال التحجير والتعدين .

٤ـ إعادة استخدام مواد المخلفات الصناعية



● جمع عينات المياه.



● انخفاس في منطقه معروفة بالتكهف .

والمحاجر المعدنية .

٥- دراسة الجدوى الاقتصادية في استثمار الثروات المعدنية .

٦- دراسات تفصيلية في جيولوجية المملكة العربية السعودية .

● قسم المخاطر الطبيعية

يقوم قسم المخاطر الطبيعية بالآتي:-

١- إجراء الدراسات في المجالات التالية :

(أ) توقع إمكانية حدوث المخاطر الطبيعية وتحليلها .

(ب) الوقاية والحماية من المخاطر الطبيعية .

(ج) إدارة المخاطر الطبيعية .

٢- إجراء الدراسات في أنواع المخاطر الطبيعية التالية :

(أ) الانهيارات والإنزلاقات الأرضية والصخرية .

(ب) السيول والإنجراف المائي .

(ج) الرياح والأعاصير والانجراف الريحي .

(د) الفجوات الأرضية والرمال المتحركة وتقنيات تثبيت الكثبان الرملية

(هـ) تصدعات وانهيارات وانخسافات المناطق المأهولة ومنشآت البنية التحتية .

إنجـــازات البرنامـــج

تتمثل إنجازات برنامج علوم الأرض في إجراء العديد من الأبحاث والدراسات التي تحقق أهدافه، ومن أهم هذه الدراسات ما يلي :-

١- دراسة الاستعاضة الطبيعية للمياه الجوفية في منطقة القصيم ، وذلك لمعرفة المحتوى النظائري للأجزاء غير المشبعة من طبقات الأرض ، وربط هذه المعرفة بالمحتوى النظائري في المياه الجوفية لتحديد كفاءة الإستعاضة ، ويعد هذا المشروع جزءاً من عمل بحثي دولي منسق تشترك فيه ١٤ دولة بما فيها المملكة العربية السعودية.

٢- دراسة أحوال المياه في مدينة موقق بمنطقة حائل ، وتهدف إلى تحديد مواقع مائية جديدة بالمنطقة لتعزيز مصادر المياه اللازمة لأغراض الشرب والزراعة، وقد تم الإنتهاء من المرحلة الأولى من هذه الدراسة ، والتي تمثلت في إجراء المسوحات الجيولوجية ، والجيوفيزيائية ، والهيدرولوجية ، وجمع العينات من الآبار ، والتعرف على بعض الأماكن التي يمكن أن تُمثل مناطق جديدة لإستخراج المياه.

٣- دراسة سريان المياه خلال الكثبان الرملية ، وتهدف إلى التعرف على المحتوى النظائري للمياه لتحديد كفاءة إنتقالها خلال الكثبان الرملية، وبالتالي التعرف على الإستعاضة الطبيعية للمياه الجوفية، وقد تم حفر سبعة ثقوب إختبارية ، ودراسة الخواص الفيزيائية وتحديد النظائر في المياه المستخلصة من العينات الرملية ، وأنجزت هذه الدراسة على ثلاث مراحل، وأعد التقرير النهائي. وقد تمت هذه الدراسة بالتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية .

٤- حماية المنشآت من المخاطر الطبيعية وغير الطبيعية : وتهدف إلى معرفة مدى مقاومة المباني الخرسانية والطوبية للمخاطر الطبيعية الناتجة عن الهزات الأرضية والرياح والتفجيرات الكيميائية. وقد تم إنجاز حوالي ٩٥٪ من الأعمال المطلوبة لهذه الدراسة ، والتي تتمثل في جمع البيانات الخاصة بذلك والمتوفرة لدى لجهات الحكومية والجهات البحثية الأخرى.

٥- دراسة خواص الطوب الرملي الجيري ، وتهدف إلى معرفة الخواص الفيزيائية والميكانيكية له عند إنتاجه بالمختبر باستخدام نوعين من الرمل المحلي، وتحليله ميكروسكوبياً لمعرفة أسباب الفروقات الناتجة عن إستخدام هذين النوعين من الرمل.

٦- إستخدام بعض المواد الخام في صناعة الزجاج الخزفي ، وتم من خلال هذه الدراسة مايلي :

(أ) أستخدام الطين ، والحجر الجيري ، والدولوميت ، والمغنيسايت كمواد خام في هذه الصناعة .

(ب) دراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية للمواد الخام السابقة.

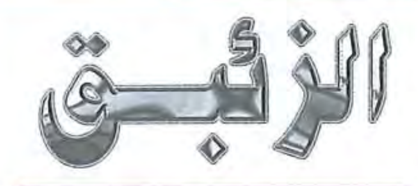
(ج) إنتاج الزجاج والزجاج الخزفي باستخدام تلك المواد.

(د) دراسة الخواص الفيزيائية والحرارية للزجاج .

(هـ) تقييم المواد الخام والزجاج الخزفي.

٧- دراسة نظائرية لوادي ملل بمنطقة المدينة المنورة ، بهدف معرفة العوامل المؤثرة على الاستعاضة في البيئة الصحراوية من خلال جمع معلومات أساس عن المناخ، ونوعية المياه، وجيولوجيا المنطقة، والمحتوى النظائري للمياه، وقد تم من خلال هذه الدراسة إعداد تصور عن نظام التغذية في مياه الوادي، وتحديد عمر هذه المياه.

٨- دراسة الخواص الجيوفيزيائية والهيدروجيولوجية لشمال غرب المدينة المنورة ، وقد تم من خلالها تطبيق تقنيات حديثة للكشف عن المياه الجوفية وتحديد كمية المياه في وادي ملل. وأثمرت الدراسة عن التعرف على سماكة الطبقة الحاملة للمياه، وأماكن تواجدها، وتحديد نوعيات المياه في قطاعات الوادي المختلفة، كما أثبتت الدراسة ملائمة إستخدام تقنيات المسح الجيوفيزيائي والهيدرولوجي في مثل هذه المناطق.



الزئبق (Mercury) فلز أبيض فضي رمزه الكيميائي (Hg)، وهو الفلز الوحيد الذي يوجد على شكل سائل في الظروف الطبيعية من الضغط ودرجة الحرارة، بل وعند درجة حرارة صفر مئوية (٠مْ).

يرجع اكتشاف الزئبق إلى حوالي سنة ١٦٠٠ قبل الميلاد، وقد عرفه القدماء واستخدموه في استخلاص بعض الفلزات الأخرى كالذهب.



يدخل الزئبق في العديد من الصناعات كالأجهزة الكهربائية، وأجهزة الإتصالات، وصناعة البطاريات الجافة، والمبيدات الحشرية، بالإضافة إلى استخدامه في استخلاص بعض الفلزات الثمينة كالذهب والفضة، ولعل أبرز استخداماته الملموسة للجميع هي صناعة أجهزة قياس درجة الحرارة والتي تعرف بالثرمومترات (Thermometers)، بالإضافة إلى أجهزة قياس الضغط الجوي وضغط الدم.

يعد الزئبق من الفلزات السامة الملوثة للبيئة، حيث أن تعرض جسم الإنسان لكميات قليلة جداً منه - في حدود ٠,٥ جزء للمليون (0.5 PPM) - ، يعد ضار جداً، ولعل أبرز الأمثلة على خطر فلز الزئبق على البيئة مايحصل من تلوث البيئة البحرية، من جراء إلقاء بعض المخلفات الصناعية التي تحتوي على نسب مختلفة من الزئبق، وتعد كارثة تلوث بعض البحيرات والأنهار الكندية في سنة ١٩٦٩م بسبب إلقاء كميات كبيرة من الزئبق المصاحب لمخلفات المصانع الكيميائية القريبة من تلك البحيرات والأنهار من أكبر الكوارث البيئية، مما حدا بالحكومة الكندية منع الصيد بكافة أنواعه من تلك البحيرات والأنهار، وقامت الحكومة أيضا بإتلاف أكثر من مليون رطل من الأسماك الملوثة والتي بلغ تركيز الزئبق فيها من ٥ إلى ١٠ جزء لكل مليون (5-10 PPM) وذلك كإجراء أولي.

وجود الزئبق

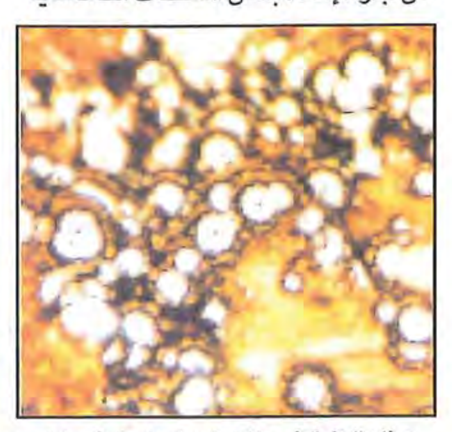
يوجد الزئبق غالبا في رواسب مركزة توجد عادة في المناطق البركانية، ومعظم تلك الرواسب أو الخامات عبارة عن كبريتيد الزئبق أو مايعرف بالسنابار (HgS)، شكل (١)، وفي بعض الأحيان يصاحب خام السنابار خام آخر يعرف بالميتاسنابار، وكمية قليلة من فلز الزئبق الحر. تحتوي القشرة الأرضية على مايقارب ٥٠ جزء من المليون من الزئبق، وبذلك يحتل الزئبق المرتبة ٦٢ من حيث وفرته في الكرة الأرضية، ويبلغ تركيزه في مياه البحار حوالي ٣ أجزاء من البليون.

توجد معظم الرواسب لخام الزئبق - السنابار - في أسبانيا حيث يبلغ المخزون من الخام مايقارب ٤٠ ألف طن، ويبلغ محتوى الزئبق في الخام مايعادل ٠,٥ - ١,٢٪، وتعد إيطاليا ثاني أكبر منتج لخام الزئبق بعد أسبانيا.

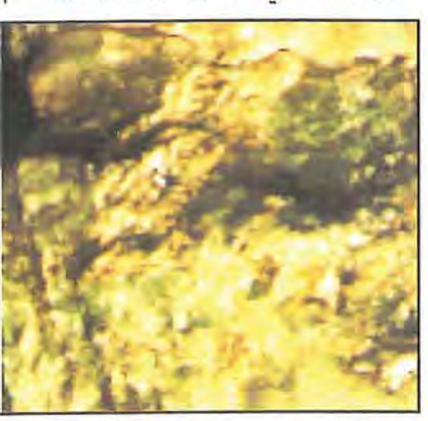
يوجد خام الزئبق - السنابار (HgS) - أيضا في بعض بلدان العالم المختلفة كالولايات المتحدة الأمريكية، وكندا، والمكسيك، والبرازيل، وبيرو، والصين، واليابان، وهنغاريا، ويوغسلافيا السابقة، وألمانيا، ومايعرف سابقا بالإتحاد السوفيتي.

الزئبق في المملكة

لاتوجد معلومات كافية عن أماكن وجود الزئبق في المملكة العربية السعودية، غير أنه يذكر أن الزئبق موجود في موقع



● فلز الزئبق في مقاطعة سنوما - كليفورنيا.



● فلز الزئبق في مدينة لوكا - أيطاليا.



(أ) المادين (ايطاليا)

(ب) المادين (ايطاليا)

(ج) نيكيتوكا (روسيا)

● شكل (١) بعض الأشكال المختلفة لخام السنابار.

واحد في وادي إيتان بمنطقة المدينة المنورة، ويوصي الباحثون في مجال التعدين بضرورة الإهتمام بالبحث عن خامات الزئبق في بركانيات العصر الثلاثي الموجودة في الحرات بالمملكة العربية السعودية.

خـــواص الزئبـــق

يعد الزئبق مذيب جيد لبعض الفلزات كالذهب والفضة والبلاتين والنحاس واليورانيوم والرصاص والصوديوم والبوتاسيوم مكوناً ملاغم (Amalgams) مع تلك الفلزات، ومن خواصه الفيزيائية والكيميائية ما يلي :-

● الخواص الفيزيائية

يتميز فلز الزئبق بلونه الفضي البراق، ونظراً لإنخفاض درجة إنصهاره وإرتفاع ضغطه البخاري فان قوى التشابك بين ذراته تكون ضعيفة جداً.

وتشبه لزوجة الزئبق إلى حد ما لزوجة الماء، أي أنها منخفضة، بينما يتمتع بمقاومة كهربائية عالية.

الخاصيـــة	القيمـــــة
درجة الإنصهار (مْ)	٣٨,٨٧-
درجة الغليان (مْ)	٣٥٦,٥٧
طاقة التبخير (كيلو سعر/مول)	١٤,٦٥٢
الضغط البخاري (ملم)	١ (عند ١٢٦مْ)، ١٠(عند١٨٤مْ)، ١٠٠(عند ٢٦١مْ)
الكثافة (جم /سم^{٣})	١٤,٣٩٢(عند -٧٨مْ)، ١٣,٥٩٥(عند صفر مْ) ١٣,٥٣٤،(عند ٢٥مْ)
الذوبانية (جم/١٠٠جم ماء)	٦×١٠^{-٦}(عند ٢٥مْ)
الكتلة الذرية	٢٠٠,٥٩
التوصيل الحراري، [كالوري (سعر) سم درجة ثانية]	$١,١٦\times١٠^{-١}$(عند - ١٩٣مْ)، $٢,٤٨\times١٠^{-٢}$(عند صفر مْ)، $٢,٠٣٥\times١٠^{-٥}$(عند٦٠٧مْ)
التوتر السطحي (داين/سم)	٤٨٤(عند ٢٥مْ)
اللزوجة (سنتي بويز)	١,٥٥٤(عند ٢٠مْ)، $٦,٤١\times١٠^{-٢}$(عند٤٠٠مْ)

● جدول (١) بعض الخواص الفيزيائية لفلز الزئبق.

يذوب الزئبق في الماء وفي عدة مواد أخرى كالبنزين والهكسان والميثانول والرايكسان، وإذا وضع سائل الزئبق على أي سطح فإنه لايبلله نظراً لإرتفاع قيمة التوتر السطحي له، حيث أن قيمة التوتر السطحي للزئبق تساوي ستة اضعاف قيمة التوتر السطحي للماء، ويبين الجدول (١) بعض الخواص الفيزيائية لفلز الزئبق.

● الخواص الكيميائية

يملك فلز الزئبق العديد من الخواص الكيميائية منها مايلي :-

١- يتفاعل مع جميع الهالوجينات كالكلور عند درجة حرارة الغرفة.

٢- لايتفاعل بقدر ملحوظ مع الأكسجين والهواء الجاف عند درجة حرارة الغرفة، ولكن يمكن تنشيط هذا التفاعل باستخدام الأشعة فوق البنفسجية (UV).

٣- يتفاعل مع غاز الأوزون بشدة ويعطي مركب أكسيد الزئبق (HgO).

٤- يتفاعل مع بعض العناصر مباشرة بالتسخين (الكبريت، والسيلينيوم، والتيلوريوم)، بينما لاتوجد قابلية لتفاعله مع بعض العناصر الأخرى كالنيتروجين والفوسفور والكربون والسيليكون والجرمانيوم.

٥- لا يتفاعل مع الهيدريدات الجافة مثل كبريتيد الهيدروجين (H_2S) والأمونيا (NH_3) تحت درجة ٢٠٠مْ.

٦- لايتفاعل مع حامض كلوريد الهيدروجين أو حامض الكبريت المخفف، بينما إذا زاد تركيز الحامض فانه قد يتفاعل مع ملح الزئبق.

٧- يتفاعل مع حامض النيتروجين ولايتفاعل بشكل ملحوظ مع حامض الفوسفور.

٨- يتفاعل بشدة مع محاليل الأمونيا في الهواء ليعطي مركب (Hg_2 NOH) الذي يسمى (قاعدة ميلون (Millon,s base).

٩- يمكن استخدام أملاح الزئبق كمواد محفزة، فعلى سبيل المثال تستخدم كبريتات الزئبق ($HgSO_4$) كمادة محفزة في عملية أكسدة النفثالين إلى حامض الفثالات (Phtahalic Acid)، وفي تسريع تحويل الأسيتلين إلى الأسيتالدهيد.

طـــرق الانتـــاج

يتم الحصول على الزئبق من خام السنابار حيث يجهز الخام بجرشه أولاً ثم يركز بواسطة الغسل والتعويم، وعند الإنتهاء من تهيئة الخام فإنه يحمص، وذلك بتعريضه لتيار من الهواء عند درجة حرارة من ٦٠٠ الى ٧٠٠مْ فيتأكسد الكبريت وينتج الزئبق على هيئة بخار حيث يكثف وذلك حسب المعادلة التالية :

$$HgS + O_2 \longrightarrow Hg_g + SO_2$$

ومن الممكن أن يستخدم الحديد (Fe) أو أكسيد الكالسيوم (CaO) بدلا عن الهواء

وذلك عـنـد إجـراء عـمـلـيـة الـتـحـمـيص (Roasting) كالتالي :ـ

$$HgS + Fe \longrightarrow Hg + FeS$$

$$4HgS + 4CaO \longrightarrow 4\,Hg + CaSO_4 + 3CaS$$

يخضع الزئبق المنتج بعد ذلك لعمليات تنقية بواسطة حامض النيتروجين أو بعض الأحمـاض الاخـرى، وخـلال إجـراء تلك العمليات فإن الهواء المصاحب يخرج على هيئـة فـقـاعـات، ويمكن تنقيـة الزئبق باستخدام طرق أخرى كالتقطير حيث تصل نقاوته الى ٩٩,٩٪.

يمـكـن الكشف عن الزئبق بتسـخين المادة المشتبـه في إحتـوائها على الزئبق باستعمال كربونات الصوديوم اللامائية في وعـاء زجاجـي صغيـر، وفي حالة إحـتـواء تـلك المـادة على الزئبق فـإنه يتكثـف عـلى شـكل قطـرات كـروية

المركـــــب	أهـم الصفـــات
خلات أميد الزئبقيك، $Hg(NHCOCH_3)_2$	بلورات بيضاء تذوب في الماء ودرجة إنصهارها ١٩٨مْ.
خلات الزئبقيك $Hg(CH_3COO)_2$	بودرة (طحين) بيضاء تذوب في الغَول والأحماض المخففة وتتميه في الماء المغلي لتعطي أكسيد الزئبقيك (HgO).
ثنائي أمين كلوريد الزئبقيك، $Hg(NH_3)_2Cl_2$	راسب بلوري أبيض قابل للإنصهار، يذوب في حامض كلوريد الهيدروجين فقط.
بنزوات الزئبقيك، $Hg(C_6H_5COO)_2.H_2O$	بلورات شحيحة الذوبان في الماء والغول، درجة إنصهارها ١٦٥مْ.
كلوريد الزئبقيك، $HgCl_2$	بلورات بيضاء أو بودرة، تذوب في الماء والغول والإيثر والبيريدين وخلات الميثيل، درجة إنصهارها ٢٦٥مْ ودرجة غليانها ٣٠٣مْ، مادة سامة جداً ٠,٢ ـ ٠,٤ جم منها يعتبر مميت.
سيانيد الزئبقيك، $H_2(CN)_2$	بلورات موشورية، عديمة اللون لكنها تصبح داكنة بالضوء، تذوب في الماء والغول وتتفكك بالحرارة إلى فلز الزئبق وسيانوجين.
فلوريد الزئبقيك، $Hg\,F_2$	بلورات شفافة، معتدلة الذوبان في الماء والغول، تتميه في المحاليل المائية، تتفكك عند درجة إنصهارها (٦٤٥مْ).
يوديد الزئبقيك، $Hg\,I_2$	بلورات حمراء تتحول إلى صفراء عند تسخينها أعلى من ١٢٧مْ، وتعود إلى اللون الأحمر بالتبريد، لا تذوب في الماء ولكنها تذوب في الايثر والبنزين، الشكل الأصفر منها يذوب في الغول، تذوب في المحاليل المائية لمركب ثيوكبريتات الصوديوم أو يوديد البوتاسيوم، درجة إنصهارها ٤٢١مْ ودرجة غليانها ٣٤٩مْ.
نترات الزئبقيك، $Hg(NO_3)_2.H_2O$	بلورات عديمة اللون، عندما تتميه تصبح صفراء، تذوب في حامض النيتروجين ولا تذوب في الغول، تتفكك عند درجة إنصهارها (٧٩مْ).
أكسيد الزئبقيك، $Hg\,O$	يتفكك إلى زئبق وأكسجين عند درجة حرارة أعلى من ٤٠٠مْ، يذوب في الأحماض لا يذوب في الغول والإيثر.
فوسفات الزئبقيك، $Hg_3(PO4)_2$	بودرة بيضاء أو صفراء، تذوب في الأحماض فقط ولا تذوب في الماء.
كبريتات الزئبقيك، $HgSO_4$	بودرة بلوريه بيضاء، لا تذوب في الغول وتذوب في الأحماض.
كبريتيد الزئبقيك الاسود، HgS	بودرة خام الزئبق، لاتذوب إلا في محلول كبريتيد الصوديوم، تتحول جزئياً عند درجة حرارة ٤٤٦مْ لتعطي كبريتيد الزئبقيك الأحمر، تتكون بواسطة تمرير غاز كبريتيد الهيدروجين على محاليل أملاح الزئبق بتفاعل فلز الزئبق مع الكبريت.
كبريتيد الزئبقيك الأحمر، HgS	بلورات حمراء، لا تذوب في الماء والأحماض والمذيبات العضوية.
ثيوسيانات الزئبقيك، $Hg(SCN)_2$	بودرة بيضاء، شحيحة الذوبان في الماء، تذوب في الغول، تتفكك بالحرارة.
ميركروكروم، $C_20H_7O_5Br_2Na_2Hg\,oH._3H_2O$	مادة خضراء اللون، تذوب في الماء ولا تذوب في الغول أو الاثير أو الكلوروفورم، ٢٪ محلول مائي مطهر للجروح وقاتلة للجراثيم.
خلات الزئبقوز، $Hg_2(CH_3COO)_2$	تتفكك بالضوء أو الماء المغلي إلى زئبق وخلات، وتعد شحيحة الذوبان في الماء، ولا تذوب في الغول ولا الاثير.
بروميد الزئبقوز، Hg_2Br_2	بودرة بيضاء أو بلورات، تأخذ اللون الأصفر عند التسخين، وعند تبريدها تاخذ اللون الأبيض، درجة إنصهارها ٤٠٥مْ.
كلورات الزئبقوز، $Hg_2(ClO_3)_2$	بلورات بيضاء قابلة للانفجار، درجة إنصهارها ٢٥٠مْ، تذوب في الماء والغول.
كلورات الزئبقوز، Hg_2Cl_2	تسمى كالوميل، بلورات بيضاء، لاتذوب في الماء أو الغَول أو الإيثر، درجة إنصهارها ٣٠٣مْ ودرجة غليانها ٣٨٤مْ، تصبح سوداء اللون عند خلطها مع الآمونيا.
كرومات الزئبقوز، Hg_2CrO_4	بودرة حمراء طوبية الشكل تتفكك بالحرارة لتعطي الكرومات (Cr_2O_3)، لا تذوب في الماء أو الغول، تذوب في حامض النيتروجين المركز.
نترات الزئبقوز، $Hg_2(NO_3)_2.2H_2O$	بلورات موشورية قصيرة، تذوب في الكميات القليلة من الماء الدافىء وفي حامض النيتروجين وايضاً في ثنائي كبريتيد الكربون المغلي وفي ميثل الأمين شحيحة الذوبان في نتريك البنزين، تتميه بشرط توفر كميات كبيرة من الماء تتفكك عند إنصهارها والتي تبلغ ٧٠م.
كبريتات الزئبقوز، Hg_2SO_4	بودرة بيضاء، لا تذوب في الماء، تذوب في حامض الكبريت الساخن وفي حامض النيتروجين المخفف، تتفكك بالحرارة.
ثنائي ميثيل الزئبق، $Hg(CH_3)_2$	سائل متطاير عديم اللون، مادة سامة جداً، تبلغ درجة الغليان ٩٢مْ.

● جدول (٢) بعض صفات أهم مركبات الزئبق.

ذات ألوان براقة.

مركبـات الزئبــق

للزئبق مركبات عديدة يمكن تقسيمها الى مجموعتين أساسيتين هما : مركبات الزئبق ذات التكافؤ الأحادي ويرمز لها بزئبق(I) وصيغتها (Hg_2X_2) ومركبات ذات التكافؤ الثنائي ـ الزئبقيك ـ ويرمز لها بزئبق (II) وصيغتها (HgX_2)، ويوضح جدول (٢) بعض أهم مركبات الزئبق وخصائصها (خواصها) واستعمالاتها إن وجدت .

سبـائك الزئبــق

يتميز الزئبق بقابليته لتكوين سبائك مع الفلزات الأخرى ، وتسمى تلك السبائك بالملاغم (Amalgams) ، وهى على هيئة محاليل أو مركبات أو خليط من المحاليل والمركبات تماماً كما في أنظمة السبائك الأخرى . وتنتج الملاغم عادة بالتفاعل المباشر ، فملغم الصوديوم على سبيل المثال ينتج عند تسخين فلزي الصوديوم والزئبق ، كذلك تنتج بعض الملاغم نتيجة التحلل الكهربائي كتحلل كلوريد الباريوم ($BaCl_2$) مع مهبط (Cathode) الزئبق ليكون ملغم (Amalgam) الباريوم.

تعد خاصية الذوبانية عامل مهم في إمكانية تكوين الملاغم ، فالكوبلت والنيكل والحديد لاتكوّن ملاغم مع الزئبق مباشرة نظراً لانها لاتذوب في الزئبق ، ولهذا السبب فإن الحاويات المستخدمة لحفظ الزئبق تصنع في الغالب من الحديد . ويكوّن الذهب والفضة والكادميوم والقصدير والبزموث والرصاص والخارصين ملاغم عند درجات الحرارة العادية نظراً لذوبانيتها العالية في الزئبق .

إستعمـالات الزئبــق

للزئبق إستعمالات كثيرة حيث أن معظم قطع الأجهزة تعتمد في عملها على خصائص الزئبق المميزة . يستعمل الزئبق كسائل تلامس في المفاتيح الكهربائية ، ويستعمل أيضاً كسائل لتشغيل مضخة الإنتشار الفراغية ، ويدخل الزئبق في صناعة مقاييس درجة الحرارة (Thermometers) ، ومقاييس الضغط الجوي (البارومترات) وضغط الدم ، ومنظمات درجات الحرارة (Thermostats) .

وفي مجال صناعة الإنارة يستخدم الزئبق في صناعة مصابيح بخار الزئبق ، والتي تستخدم بكثرة كمصادر للإنارة في الطرق ولأغراض الإنارة الأخرى ، أيضاً تستخدم تلك المصابيح كمصدر للأشعة فوق البنفسجية للاستخدامات الصناعية .

وتستخدم كميات كبيرة من الزئبق على هيئة أقطاب كهربائية (الكترودات) ، وذلك لصناعة كلوروهيدروكسيد الصوديوم (الصودا الكاوية) بواسطة التحلل الكهربائي (Electrolysis) ، ويستخدم ملغم الخارصين في صناعة البطاريات الكهربائية .

ويدخل الزئبق في الإستخدامات الطبية حيث يستعمل ملغم الفضة كمادة حشو في مجال طب الأسنان، ويستخدم محلول مائي مخفف من كلوريد الزئبقيك ($HgCl_2$) أو أكسيد الزئبقيك (HgO) أو سيانيد الزئبقيك ($Hg(CN)_2$) كعامل مضاد للعدوى، أيضاً يستخدم ما يسمى بالزئبق الأصفر ، على شكل مرهم في علاج التهاب ملتحمة العين ، وعند استخدام الزئبق مع الأمونيا فإنه يكّون مادة فاعلة لعلاج كثير من الأمراض الجلدية، وذلك على هيئة مراهم .

ولاتنحصر استخدامات الزئبق على الناحية السلمية، حيث يمكن أن تستخدم مادة فولمنيات الزئبق ($Hg(CNO)_2$) في صناعة المتفجرات .

ومن استخدامات الزئبق ايضاً استعمال بعض أملاح الزئبق المعقدة مثل $Cu_2(HgI_4)$ و $Ag_2(HgI_4)$ كموشرات لدرجة الحرارة في أجزاء الآلات التي تتعرض لكمية حرارة عالية حيث يتغير اللون عند التسخين.

الأضـرار البيئـية للزئبق

تحتوي الأطعمة التي تنمو في ظروف طبيعية على نسب قليلة جداً من الزئبق، فاللحوم المستهلكة على سبيل المثال تحتوي على معدل أقل من ٠,٠١ جزء من مليون من الزئبق ، أما الأسماك فتحتوي على ضعف النسبة أي ما يعادل ٠,٠٢ جزء من مليون ، والخضروات على نصف النسبة كحد أعلى أي ٠,٠٠٥ جزء من مليون، وتحتوي بعض الطحالب على أكثر من مائة ضعف ما يحتوية ماء البحر من زئبق ، فعندما تتغذى الأسماك على تلك الطحالب فإنها تقوم بتركيز الزئبق في أجسامها بشكل أكبر .

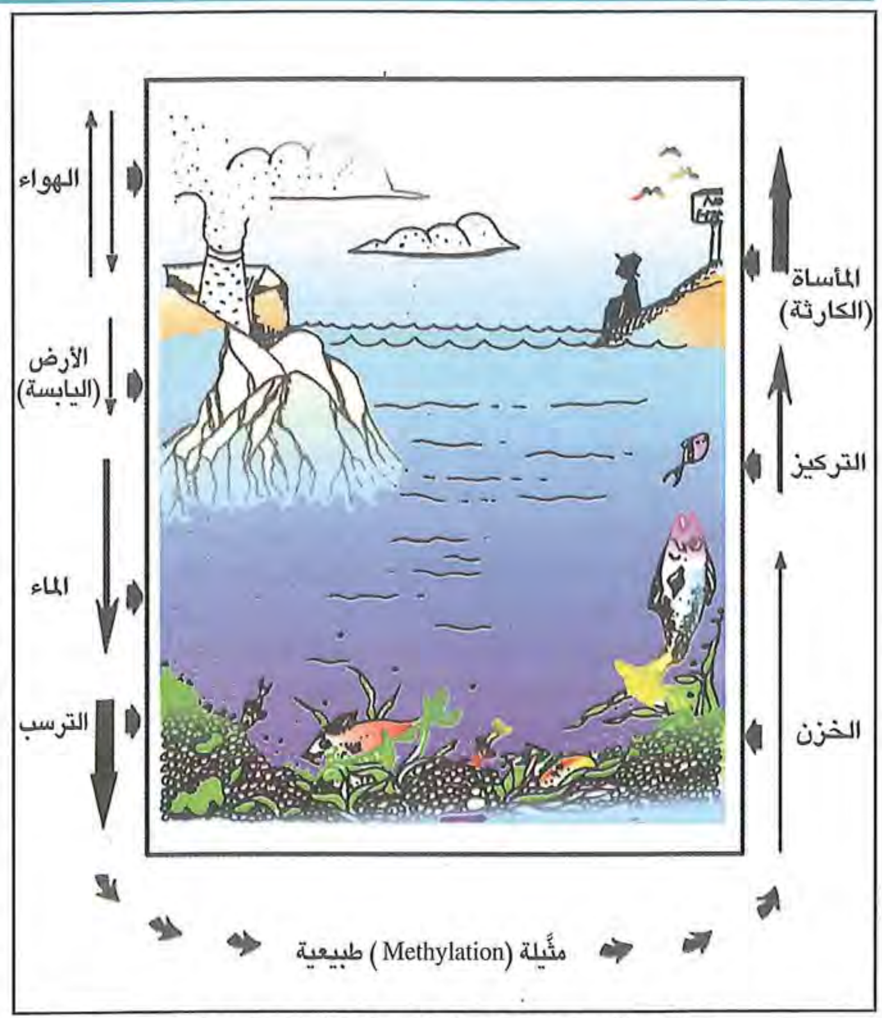
يتعرض الإنسان للزئبق ومركباته من خلال التعامل الطبيعي، وذلك بإستهلاك الأطعمة التي تحتوي على الزئبق كالأسماك مثلاً ، أيضاً يتم تعرض الإنسان للزئبق عن طريق الهواء الجوي، وذلك عند حرق المتحجرات الوقودية كالفحم والنفط التي تحتوي على نسب كبيرة من الزئبق ، بالإضافة إلى أن مركبات الزئبق العضوية تستخدم بشكل واسع كمبيدات للفطريات والحشرات في مجال الزراعة، والجدير بالذكر أن معظم الزئبق الملوث للبيئة يوجد على هيئة عضوية تشكل بدورها خطورة كبرى على صحة الانسان نظراً لشدة تطايرها ، وتكمن المشكلة هنا في أن مركبات الزئبق غير العضوية عند اختلاطها في الماء فإنها تتحول إلى مركبات زئبق عضوية، ويوضح الشكل (٢) كيفية خزن الزئبق بواسطة المصادر المائية، وذلك حسب الخطوات التالية :ـ

١ـ **الهـواء:** دورة تبخر وترسيب إلى الهواء الجوي من الأراضي والمياه التي تحمل ملوثات صناعية تحتوي على الزئبق.

٢ـ **الأرض (اليابسة):** التربة وما تحتوية من ملوثات والمخلفات الصناعية تفرغ في المياه ، أيضاً تكتسب تلك المياه ما يحمله الهواء الجوي من الملوثات.

٣ـ **الماء:** تتحلل مركبات الزئبق إلى عناصر أو أيونات الزئبقيك أو أيونات الزئبقوز.

٤ـ **الترسب:** يمتز الزئبق على الجسيمات ويغطس إلى الرسوبيات حيث تقوم تلك الرسوبيات بخزنه.



● شكل (٢) السلسلة الطبيعية لخزن الزئبق في المصادر المائية.

٥ـ الخزن: يوجد على سطوح الرسوبيات بعض الميكروبات (احياء دقيقة) حيث تقوم بخزن عناصر الزئبق في ظروف لا هوائية وفي الظروف الهوائية تقوم تلك الميكروبات بخزن أيونات الزئبقيك.

تخزن الميكروبات الحية الزئبق حيوياً بينما تقوم مركبات الميكروبات الميتة بخزن الزئبق كيميائياً.

٦ـ التركيز: كميات قليلة جداً من أحادي وثنائي ميثيل الزئبق تتحرر إلى الماء بواسطة الميكروبات، حيث تمتص من قبل الأسماك وتتركز حتى مستويات عالية.

٧ـ المأساة (الكارثة): يأكل الإنسان الطيور التي تتغذى على الأسماك، والأسماك الملوثة بالزئبق فيتم تركيز الزئبق في جسمه أكثر فيحدث التسمم.

ويبلغ الحد الأقصى المسموح به لمركبات الزئبق العضوية ٠,٠١ ملجم/م٣ في الهواء وعندما تستنشق تلك المواد أو تمتص عبر الجلد فإنها تؤدي إلى عدم إنتظام في اداء الجهاز العصبي وحدوث رعشه بالإضافة إلى صعوبة في النطق وضيق في مجال الرؤيا أو ما يسمى بالرؤيا النفقية (Tunnel Vision).

يمكن أن يمتص جسم الإنسان الزئبق من خلال عدة قنوات كالجلد والرئة، وبعد الإمتصاص يجري الزئبق مع الدم من خلال الدورة الدموية ثم تقوم بعض الأعضاء كالكبد والكلى والعظام بخزنه.

عند التعرض لأبخرة الزئبق فإنه يحدث جفاف للحلق والفم، وقد يؤدي إلى التهاب في الفم واللثة وسقوط الأسنان والرعشة، بالإضافة إلى إحتمال حدوث إضطرابات عقلية، وفي الحالات المتقدمة جداً والخطرة قد تحدث بعض المضاعفات الخطرة لأجهزة الجسم كجهاز الأخراج والأمعاء، وقد يؤدي ذلك إلى الوفاة.

وتشكل مشتقات الزئبق القاعدية خطورة من نوع خاص حيث أن هذه المواد لديها القابلية للتراكم في المخ مما يسبب حدوث تلفيات له.

أما مركبات الزئبق ـ وبشكل خاص إذا كانت قابلة للذوبان ـ فإنها سامة جداً ويكفي أقل من ٠,٥ جم لإحداث إضطرابات خطرة جداً للامعاء والجهاز البولي والقلب.

إجـراءات للســلامة

ما ذكر آنفاً من بيان خطورة الزئبق ومركباته وأبخرته على صحة البيئة وخاصة صحة الإنسان، يؤكد على ضرورة إتخاذ إجراءات وقاية، والتعامل مع الزئبق ومركباته بحذر شديد، فعند نقله يجب أن يتوفر مصدر جيد للتهوية، وأن تكون الحاويات التي يوضع بها محكمة الإغلاق، أيضاً ينبغي التأكد من نظافة الأجهزة والملابس والأيدي وغيرها وخلوها من أية بقايا ولو كانت نسب قليلة جداً من الزئبق أو مركباته، وعند حدوث أي إنسكاب للزئبق أو مركباته ينبغي أن يزال فوراً، وذلك باستخدام مسحوق الكبريت أو هيدروكسيد الكالسيوم $[Ca(OH)_2]$ في الماء أو برشه بواسطة محلول ثيو كبريتات الصوديوم.

ومن إجراءات السلامة الأخرى وجوب مراقبة تركيز الزئبق في الهواء وذلك داخل المختبرات حيث تكمن الخطورة هنا في أن الضغط البخاري للزئبق عند درجة حرارة الغرفة مرتفع مما يؤدي إلى تبخر كميات من الزئبق بسهولة، كذلك فإن التعرض الطويل إلى كميات ذات تراكيز قليلة من الزئبق قد يؤدي إلى تراكمها في الجسم، ويمكن تقدير ومراقبة الزئبق في الهواء المحيط بواسطة القياس المباشر للتركيز، وذلك كجزء لكل مليون (PPm) باستخدام جهاز بسيط يعتمد على قياس الإمتصاص الضوئي، ويمكن أن تجرى إختبارات تحليلية للعاملين المشتبه بتعرضهم للزئبق ومركباته وذلك بأخذ عينة بول منهم وفحصها.



يعود أول اكتشاف لفلز الرصاص (Lead) إلى قدماء المصريين الذين تعرفوا عليه في حوالي ٤٠٠٠ سنة قبل الميلاد، ورغم استخدام الفينيقيين و الرومان والهنود والصينيين له بكثرة منذ ذلك التاريخ إلا أن أول منجم للرصاص تم التعرف عليه كان في أسبانيا في حوالي عام ٢٠٠٠ قبل الميلاد، وقد انحصرت استخدامات الرصاص آنذاك في صناعة الموازين والنقود، والأختام، الصغيرة، والتماثيل، والتكسية، والتبطين.

وقد انتشرت مناجم الرصاص في القرن الخامس قبل الميلاد عند اليونانيين، ثم في القرن الرابع قبل الميلاد عند الرومان الذين توسعوا في استخدامه ليشمل أنابيب المياه، وقد طغى هذا الاستخدام على الاستخدامات الأخرى مما جعل الرومان يطلقون عليه الأسم اللاتيني (Plumbum) – يعني صنبور مياه – كإشارة لإنتشار هذا الاستخدام، بل إن هذا الإسم الجديد أصبح مرادفاً لفلز الرصاص (Lead)، وبذلك جاء الرمز الكيميائي للفلز (Pb) إختصاراً لـلإسم اللاتيني (Plumbum).

تنوعت استخدامات الرصاص في العصر الحديث لتشمل صناعة البطاريات، والأصباغ، والذخيرة، واللحام، وتنظيف المواسير المسدودة، وكدروع للوقاية من الاشعاعات المؤينة خاصة الاشعة السينية، وأشعة جاما، وشاع إستخدام مركباته كمواد مضافة لوقود السيارات، غير أن هذا الاستخدام قد انخفض بشكل كبير بعد معرفة الآثار البيئية الضارة للغازات والجسيمات المنبعثة من عوادم السيارات المحتوية على مركبات الرصاص الخطرة، ولذلك فقد ظلت صناعة البطاريات الاستخدام الرئيس لفلز الرصاص.

خواص الرصاص

الرصاص (Pb) عنصر فلزي – كتلته الذرية ٢٠٧,٢١ وحدة دالتون، وعدده الذري ٨٢، وهو فلز لماع يميل لون سطحه من الأزرق إلى الأبيض عند قطعه، ولكنه يتأكسد بسهولة إلى لونه الرمادي المعتاد، يقع الرصاص في آخر المجموعة الرابعة من الجدول الدوري للعناصر التي تبدأ بالكربون، ثم السيليكون، ولذا فإن له أربعة إلكترونات ($6S^2, 6p^2$) ستكافؤ في المدار الخارجي، ويوجد الرصاص في الطبيعة على شكل أربع نظائر مستقرة هي (٢٠٨)، (٢٠٧)، (٢٠٦)، (٢٠٤) والتي توجد في الطبيعة بنسب (٥٢,٣٪)، (٢٢,١٪)، (٢٤,١٪)، (١,٤٢٪) على التوالي.

الخاصية	القيمة
درجة حرارة الإنصهار	٣٢٧°م
حرارة الإنصهار	٢٣,٤جول/جرام
درجة حرارة الغليان	١٧٤١°م
الحرارة الكامنة للتبخر	٨٦٢ جول/ جرام
الكثافة	١١,٣٤ جرام / سم٣(٢٠°م)
السعة الحرارية	٠,١٣١ جول/ جرام. كلفن (صفر–١٠٠°م)
المقاومة النوعية	٢,٢ × ١٠$^{-٧}$ أوم. سم(٢٠°م)
الناقلية الحرارية	٠,٣٤٧ وات /م /كلفن° (٢٥°م)
التوتر السطحي للسائل	٠,٤٤٤ نيوتن / م(٣٢٧°م)
اللزوجة	٠,٠٠٢٧٥ باسكال ثانية (٣٢٧°م)
معامل التمدد الطولي	٢٩,١× ١٠$^{-٦}$ /كلفن (٢٠°م)
مقاومة الشد	١,٤× ١٠^{٧} باسكال (٢٠°م)
القساوة (برينل)	٢,٥ – ٣ (٢٠°م)

● جدول (٤) بعض الخواص الفيزيائية لفلز الرصاص.

● الخواص الميكانيكية والفيزيائية

يتمتع الرصاص بصفات ميكانيكية وفيزيائية تؤهله للاستخدام في كثير من الصناعات، فله على سبيل المثال درجة انصهار منخفضة ووزن نوعي عال، فضلاً عن أنه مرن وطروق، ويمكن تصفيحه و لفه، ويوضح الجدول (١) بعض الخواص الفيزيائية الهامة لفلز الرصاص.

● الخواص الكيميائية

عندما يتعرض سطح فلز الرصاص إلى الهواء فانه سرعان مايكتسي بطبقة من كربونات الرصاص تقيه من التآكل – يمكن ازالتها بالمواد القلوية –، وهي الخاصية التي يسرت إستخدامه قديماً في توصيلات المياه، وفضلاً عن ذلك فإن الفلز لايتفاعل مع الأحماض إلا في وجود مواد مؤكسدة ليكون أملاحاً ذائبة في الماء، ولذلك فإن الرصاص يقاوم التآكل الناجم عن حامض كلوريد الهيدروجين (HCl)، وفلوريد الهيدروجين (HF) المركز، وكذلك حامض الكبريت

المعدن	الصيغة الكيميائية	الرصاص(٪)
جالينا	PbS	٨٦,٦
جامبسونايت	$Pb_4 (Sb_2Fe)_7 S_{14}$	٤٠,٠
بولانجرايت	$Pb_5 Sb_4 S_{11}$	٥٨,٠
أنجليسايت	$PbSO_4$	٦٨,٢
سيروسايت	$PbCO_3$	٧٧,٥
بيرمورفايت	$Pb_5(PO_4)_3Ce$	٧٦,٠
فانادينايت	$Pb(SVO_4)_3Ce$	٧٢,٢
رلفينايت	$PbMoO_4$	٥٦,٠

• جدول (٢) أهم معادن فلز الرصاص في الطبيعة .

(H_2SO_4) عند تركيـز أقل من ٦٠٪ ، وفي المقــابل فــإن الفلز يذوب في حـــامض النيـتروجين (HNO_3) المخفف عند درجة حـرارة أكـثـر من ٥٠ْم ، ويتـآكل بفـعل الأحماض العضوية المخففة - مثل حامض الخل (Acetic Acid) وحـامض الطرطيـر (Tartaric Acid) - في وجود الأكسجين .

يكوّن الرصاص سلسلتين من المركبات ، وهي إمــا ذات تكافـؤ ثنائي وإمــا تكافـؤ رباعي ، تكـون المركـبـات ثنائيـة التكافـؤ ذات روابــط أيـونيـــة (Ionic) ، وأمـــــا المركبات رباعية التكافؤ فتكون ذات روابط تساهمية ، ويسلك الفلز سلوك حامضي - قـــاعـــدي (Amphoteric) ليكوّن أمـــلاح الرصـــاص والبلمـــبــــايت (Plumbites) والبلمــبـــيت (Plumbates) ، ويتــفــاعل الرصـاص مع الأكسـجين في الهـواء عند درجة الإنصـهار (٣٢٧ْم) ليكوّن أكسـيد الرصـاص (PbO) ، كـمـا توجـد أكـاسـيـد أخـرى للرصـاص هي ثاني أكسـيـد الرصاص (PbO_2) ورابع أكسيد الرصاص (Pb_3O_4) اللذان يوجـدان أيضـاً في صـيغ ($Pb_2 O_4$) و ($Pb.Pb_2O_4$) على التوالي .

يوجـد الرصـاص كـذلك في صـورة هاليدات ، وهي أملاح تذوب في الماء الحار أكثر من ذوبانها بالماء البارد ، من جانب آخـر تتـمـتع نتـرات وخلات وكـرومـات الرصاص بذوبانها في الماء البارد ، وعلاوة على ذلك يوجد للرصاص مركبات أخرى كثيرة منها بورات الرصاص (Lead borate) ، المستخدمة في صناعة الزجاج ، والجالينا (PbS) ، وكبريتات الرصاص وغيرها .

خامــات الرصـــاص

يوجـد الرصـاص - مـثل النحـاس والخارصين - في القشرة الأرضيـة ، حيث تقـدر كـمـيـتـه بنسـبـة ١٦ جـرامـاً للطن ، وتكتسب الصخور المتحولة أهمية خاصة مقـارنة بالصـخـور الرسـوبيـة من حـيث وجود الرصاص .

تعـد الجـالينا (PbS) أهم مـصـدر لفلز الرصــاص ، بل أنهــا تكاد تكون المصــدر الأســاسي له ، ذلك إن المعــادن الأخــرى المحتوية على الفلز إما أن يكون مصدرها معـدن الجـالينا وإمـا أن تكون من المعـادن المصاحبة له ، ويوضح الجدول (٢) أهم تلك المعـادن في الطـبـيـعـة والنسـبـــة المئـوية للرصاص في كل منها

يوجد فلز الرصاص - عـادة - مخـتلطاً مع فلز الخـارصين ، حـيث يشكل الخـام الخليط حوالي ٧٠٪ من إنتاج كل منهما ، وتأتي في المرتبة الثانية الخامات المحتوية على كمية أكبر من فلز الرصاص (٢٠٪) ثم المخلفات الناتجة عن استخلاص الخارصين والنحاس - خارصين وغيرها (١٠٪) .

تعد الفضة من أهم الشـوائب المصاحبة للرصـــاص ، وهـي تكون ضــــمن البنيــة البلورية لمعدن الجالينا ، حيث يأتي حوالي ٧٠٪ من فلز الفضـة من المعـادن الغنيـة بالرصاص ، وتسـتخـرج هذه الفـضة عن طريق صـهر خـام الرصـاص ، كذلك يمكن وجود كميات كبيرة من الذهب ، وكميات قليلة من النحاس مصاحبة للجالينا يمكن استخلاصهما بالطرق المعروفة لكل منهما .

يوجـد حـوالي ٣٥٪ من الاحـتـيـاطي العالمي لخام الرصاص في أمريكا الشمالية ، و ٢٧٪ في دول الإتحاد السوفيتي (سابقاً) خاصة كازخستان ، و ٢١٪ في استراليا ، ويتوزع الباقي على الصين وأفريقيا ، ودول أوربا خاصة يوغسلافيا .

استخــــلاص الرصـــاص

تأتي المعـادن الكبريتـيـدية في المرتبة الأولى كمصدر لتعدين الرصاص ، وتليْها من حيث الأهمية المعادن الأكسجينية ، وتخـتلـــط خامــات الرصاص بخامـات أخرى مطمورة في الصخور المحتوية عليه ، لذا فـإن أجـدى طريقـة لاسـتــخـلاص الرصـاص تتـمـثل في تركـيـزه بواسطة تكسـيـر تلك الصـخـور ، ومن ثم فـصل الشـوائب ، يلي ذلك طحن الخـام والفـصل بالتعويم ثم تجفيف الخام المركز .

• الصهر

يخضع خام الرصاص إلى عملية صـهر يتم فيها تأكسد كبريتيد الرصاص بواسطة الهواء أو الأكسجين لإنتاج أكسيد الرصاص وثاني أكسيد الكبريت ، وتوجد عدة طرق لصهر الخام لاستخلاص الرصاص ، منها طريقة التلبيد التي يتم فيـها إزالة الكبريت على شكل أكسيد الكبريت وأنتاج أكسيد الرصاص (PbO) الذي يتم اختزاله لاحقا لإنتاج الرصاص سواء بإستخدام كبريتيد الرصاص أو الكربون وذلك وفق المعادلات التالية :

$$2PbS + 3O_2 \longrightarrow 2PbO + 2SO_2$$

$$2PbO + PbS \longrightarrow 3Pb + SO_2$$

$$PbO + C \longrightarrow Pb + CO$$

وتعـد طـرق الصهر والإختزال المباشر (Direct smelting reduction) من أحـدث الطرق المستخدمة لإنتاج الرصاص ، وتمتاز ببسـاطتـها وقلة تكلفتـها مقـارنة بطرق التلبـيد والتـحـميص ، وتنقسم هذه الطرق إلى نوعين هما :

١- الصـهـر الومـضي (Flash smelting) لمكونات اللقـيم (Feed stock) الجـافـة في وجود الهواء أو الاكسجين .

٢- الصـهـر بـالغـمـر (Bath smelting) لمكونات اللقـيم غـيـر الجـافـة في وجـود الهواء أو الأكسجين .

وينتج عن عملية الصهر بنوعيها تكوين كمية متوسطة من غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) ، وكميات مختلفة من الرصاص مع مخلفات غنية بأول أكسيد الرصاص (PbO) ، وكذلك كبريتات النحـاس ($PbSO_4$) اللتان يجب تدويرهما للتفاعل لإستخلاص المزيد من الرصاص .

وهناك عدة طرق للصـهر ، تختلف من حيث طريقة الصهر سواء للخام المجفف أو غير المجفف ، ومن أمثلة تلك الطرق مايلي :

- طريقة أوتوكيمو : وهي طريقة فنلندية استخدمت منذ الأربعينيات لإستخلاص النحـاس ، ويمكن اسـتـخـدامـهـا كـذلك للرصـاص ، وتعـتمـد الطريقـة على الصـهر الومـضي للخـام الجـاف ، وتبدأ بتـجـفيف الخـام المركـز وخلطه بغـبـار كـبـريتـات الرصـاص وأكسـيد الرصـاص ، ثم أكسـدته

بالأكسجين في الفرن الومضي ، فينتج الرصاص مع بعض المخلفات التي تفصل عنه ، شكل (١) .

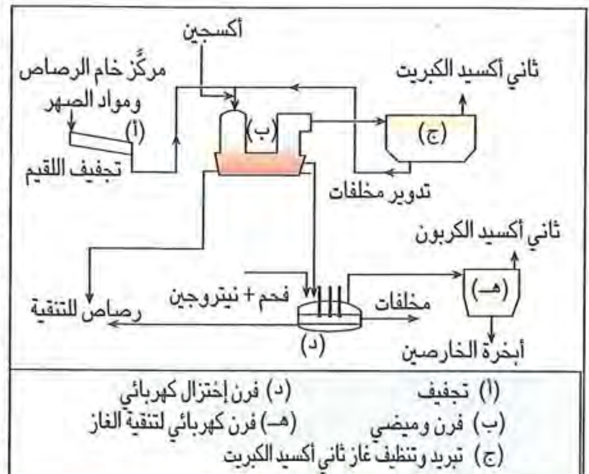
- طريقة كوينيو شومان - لورجي (Q S L): وهي طريقة تعتمد على الصهر بالغمر في وجود الهواء أو الهواء والأكسجين ، وقد تم تطوير هذه الطريقة عام ١٩٧٤م ، وتم اعتمادها عام ١٩٧٩م كطريقة صناعية واعدة ، ثم أصبحت مستخدمة تجارياً ١٩٨٥م في ألمانيا ، ويوضح الشكل (٢) مخطط لهذه الطريقة حيث يتم خلط الخام المركز والفحم ، مع المواد المساعدة للصهر خلطاً جيداً في حالة غير جافة ، ثم يرسل الخليط إلى الفرن الذي تم تقسيمه إلى قسم للأكسدة وقسم آخر للاختزال ، وينتج عن عملية الأكسدة انبعاث غاز ثاني أكسيد الكبريت الذي يتم تنقيته وتبريده ثم خروجه ليتم تحويله إلى حامض الكبريت ، أما عملية الاختزال فينجم عنها مخلفات ، مع غاز ثاني أكسيد الكربون وكذلك أكسيد الخارصين ، وذلك حسب ماهو موضح في الشكل (٢) .

(أ) تبريد وتنظيف غاز الأكسدة
(ب) خلط اللقيم
(ج) قسم الأكسدة
(د) قسم الإختزال
(هـ) تبريد وتنظيف غاز الإختزال

شكل (٢) مخطط طريقة (QSL) لإنتاج الرصاص .

التنقية

لايخلو الرصاص النا تج من عملية الصهر من شوائب مصاحبة بسبب أن الرصاص المنصهر يعد مذيباً للعديد من الفلزات والمركبات ، ومن الشوائب المصاحبة : النحاس ، والحديد ، والخارصين ، والكبريت ، والزرنيخ ، والقصدير ، والأنتمون ، والبزموث ، والفلزات النفيسة ، والأكسجين ، والنيكل .



شكل (١) مخطط طريقة اتوكمبو لإنتاج الرصاص .

وتعتمد نسبة الرصاص الناتج من عملية الصهر على أنواع الخام وطريقة الصهر حيث تتراوح من ٩٠ إلى ٩٩,٩٪ من تلك الشوائب .

وتهدف عملية تنقية الرصاص من تلك الشوائب إلى الحصول عليه بنقاوة عالية فضلاً عن فصل بعض الفلزات النفيسة – مثل الذهب ، والبلاتين ، و الفضة – وعدم هدرها ، ومن أهم طرق التنقية مايلي :-

* **التنقية بالتعدين الحراري :** وفيها يتم إزالة الشوائب العالقة بالرصاص المصهور وفق عدة خطوات يمكن تلخيصها حسب الشكل (٣) .

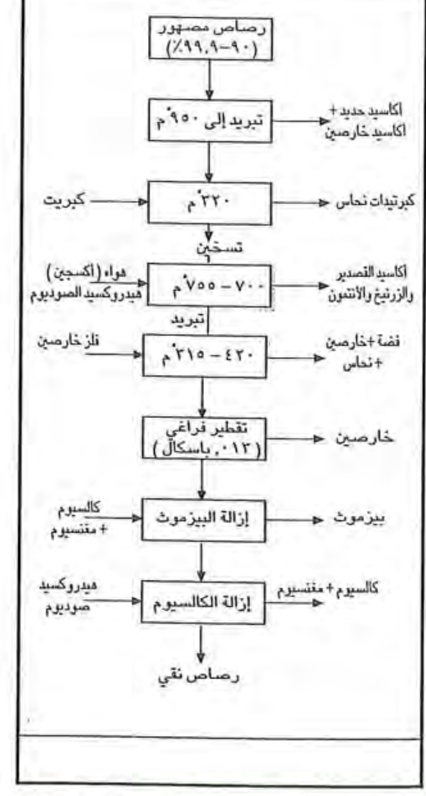
* **التنقية الإلكتروليتية :** وتستخدم فيها أملاح الرصاص الذائبة في الماء ، وبسبب إنخفاض ذوبان كبريتات الرصاص فإنه لايمكن استخدامه في التحليل الالكتروليتي ، وبدلاً عن ذلك يمكن استخدام أملاح الرصاص مع حامض سداسي فلوروالسيليكات (H_2SiF_6) .

عند اجراء التحليل الكهروليتي فإن الفلزات ذات الجهد الكهروكيميائي (Electrochemical Potential) الأعلى من فلز الرصاص (الذهب والفضة والنحاس والبزموث والأنتمون والزرنيخ والجرمانيوم) تبقى غير ذائبة وتتراكم في المصعد ، أما الفلزات ذات الجهد الكهروكيميائي الأدنى من الرصاص مثل النيكل والخارصين والحديد فإنها تذوب ولكنها لاتشكل شوائب كبيرة في الرصاص النا تج من العمليات التي تسبق عملية التنقية ، ويبقى القصدير الذي يمكن أن يترسب مع الرصاص في حالة استخدام الفلوروسيليكات أو الفلورو بورات كمحاليل الكتروليتية ، ولكن باستخدام السلفاميت فان القصدير يمكن فصله من الرصاص بواسطة ترسيب القصدير على صورة سلفاميت القصدير .

عند استخدام فلورسيليكات كمحلول إلكتروليتي والغرافيت كمصعد والرصاص كمهبط يكون تفاعل الخلية كمايلي :-

المصعد : $H_2O \longrightarrow 2H^+ + \frac{1}{2} O_2 + 2e^-$

المهبط : $PbSiF_6 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2SiF_6 + Pb$



شكل (٣) خطوات تنقية الرصاص بالتعدين الحراري

مضافات سبيكة الرصاص	الاستخدامات
١-٣٪ Sb(*)	بطاريات السيارات.
٥.-٨٪ Sb	الذخيرة.
٥.-١٪ Sb	الكوابل، مصاعد الكتروليتية.
٤-٨٪ Sb	المضخات، وأسلاك التبريد والتسخين.
١١٪ Sb، ٣-١٤٪ Sn	الطباعة.
٢-٥٪ Sb ٢-٥٪ Sn	لحام أجسام السيارات.
٠,٠٤٪ Ca	الكوابل.
٠,٠٣-٠,٠٧٪ Ca	بطاريات السيارات.
٠,٠٩-٠,١٥٪ Ca، ٠,٠١٥-٠,٣٠٪ Al	الصفائح السالبة للبطاريات (المهابط).
٠,٠٦-٠,١١٪ Ca، ٠.٣٪ Sn	الصفائح الموجبة للبطاريات (المصاعد).
٢٪-٧٠٪ Sn	لحام.
١٥-٢٠٪ Sn	طبقة مانعة للتآكل.
١,٨-٢,٥٪ Sn	الكوابل.
٠,٠٨٪ Cu	الأنابيب والصفائح، الكوابل، الأسلاك.
٠,٧٥-١,٢٥٪ Ag	مصاعد (Anodes) في التحليل الكهروليتي للخارصين، ولحام عند درجات الحرارة المرتفعة.
٠,٠٣٥-٠,١٪ Te	أنابيب، وصفائح، وكدروع في المفاعلات النووية، الكوابل.

(*) - أنتيمون (Sb)، قصدير (Sn)، كالسيوم (Ca)، المنيوم (Al)، نحاس (Cu)، فضة (Ag)، تيرليوم (Te).

● جدول (٣) مكونات واستخدامات بعض سبائك الرصاص.

وبذلك يترسب الرصاص النقي على المهبط بينما تخرج فقاقيع الأكسجين عند المصعد.

سبائك الرصاص

يستخدم حوالي ٦٠٪ من الرصاص لصناعة السبائك التي تختلف في مكوناتها حسب الغرض من تصنيعها، ومن أهم استخدامات سبائك الرصاص صناعة البطاريات، والذخيرة، وتكسية الكوابل والبناء والدروع واللحام وغيرها. ويوضح الجدول (٣) بعض تلك السبائك ومكوناتها ومجال استخدامها.

مركبات الرصاص

استخدمت مركبات الرصاص في العهود القديمة في تزيين الفخار والتحف الفنية، وقد توسعت إستخداماته على مر العصور حتى عصرنا هذا لتشمل أغراضاً كثيرة حيث يزداد الطلب على تلك المركبات ويستخدم أكسيد الرصاص - بشكل أساس- في صناعة البطاريات وزجاج الكريستال، كما يستخدم رباعي أثيل الرصاص في تحسين وقود السيارات، وقد انخفض استخدام مركبات الرصاص المستخدمة لتحسين الرقم الأوكتيني لوقود السيارات (الجازولين) بشكل كبير بسبب انبعاث الغازات والجسيمات الدقيقة المحتوية على مركبات الرصاص من عوادم السيارات، وتشمل مركبات الرصاص الأملاح والأكاسيد والمركبات العضو رصاصية.

● الأملاح والأكاسيد

من أهم هذه المركبات مايلي :-

* **خلات الرصاص :** وتنتج عن تفاعل الرصاص مع حامض الخل لتكوين عدة مركبات هي :

- **خلات الرصاص اللامائية $Pb(C_2H_3O_2)_2$:** وهي بلورات بيضاء شديدة الذوبان في الماء تنتج بتفاعل أكسيد الرصاص أو كربونات الرصاص مع حامض الخل المركز حيث تستخدم لإنتاج أملاح أخرى.

- **خلات الرصاص القاعدية $Pb(CH_3COO)_2$:** وهي بودرة بيضاء ثقيلة تذوب في الماء والايثانول، وتحضّر بإذابة أكسيد الرصاص في حامض الخل المخفف، وتستخدم في تحليل السكر.

- **خلات الرصاص المائية $\{Pb(C_2H_3O_2)_2.3H_2O\}$:** وتحضّر بإذابة أكسيد الرصاص في حامض الخل المخفف الحار، وهي مادة سامة رغم طعمها الحلو، تستخدم في تحضير مركبات الرصاص الأخرى مثل كرومات وكربونات الرصاص، كما تستخدم في صناعة مستحضرات التجميل والأصباغ.

- **رباعي خلات الرصاص $\{Pb(C_2H_3O_2)_4\}$:** وتحضّر بتفاعل رباعي أكسيد الرصاص (Pb_3O_4) مع حامض الخل الثلجي (glacial) والدافيء، وهي تستخدم كمادة مؤكسدة في تفاعلات المواد العضوية.

* **كربونات الرصاص ($PbCO_3$) :** وتحضّر بإمرار ثاني أكسيد الكربون على محلول خلات الرصاص المخففة والباردة، وهي مادة لاتذوب في الإيثانول أو الأمونيا، ولكنها تذوب في الأحماض، وتستخدم في البلمرة الحفزية للفورم ألدهيد، وكذلك كمادة تضاف لزيوت التشحيم المستخدمة للمضخات.

* **هاليدات الرصاص :** وتشمل فلوريد الرصاص (PbF_2) وكلوريد الرصاص ($PbCl_2$) وبروميد الرصاص ($PbBr_2$) وأيوديد الرصاص (PbI_2)، وتُحضّر بتفاعل كربونات الرصاص مع أحماض تلك الهاليدات ولها استخدامات عديدة تختلف باختلاف نوع الهاليد. فمثلاً يستخدم فلوريد الرصاص في الألياف الضوئية، يستخدم كلوريد الرصاص في كلورة الصلب لمنع التآكل ويستخدم بروميد الرصاص كمحفز في صناعة البوليمرات، أما أيوديد الرصاص فيستخدم في بطاريات الليثيوم.

* **أكاسيد الرصاص :** ومنها أول أكسيد الرصاص (PbO) وثاني أكسيد الرصاص (PbO_2) وثالث أكسيد الرصاص (Pb_2O_3) ورابع أكسيد الرصاص (Pb_3O_4)، وتُحضّر الأكاسيد المذكورة بطرق مختلفة ولها استخدامات عديدة يمكن توضيحها في الجدول (٤).

* **سيليكات الرصاص :** وتختلف باختلاف نسبة أكسيد الرصاص إلى السيليكا وتستخدم حسب نوعها في صناعة الزجاج، والخزف، والدهانات، والمطاط، والبلاستيك.

* **كبريتات الرصاص :** ومن أهمها كبريتات الرصاص ثلاثية القاعدة $\{3PbO.PbSO_4.2H_2O\}$ وتستخدم في الصناعات البلاستيكية.

استخدامات الرصاص

من الواضح أن للرصاص استخدامات عديدة سواء كان في صورته الفلزية أم في

الأكسيد	الصفـــات	أهم الاستخدامات
(PbO)	أحمر شحيح الذوبان في الماء(١٧ملجرام/لتر) يذوب في القواعد وحامض النيتروجين.	صناعة بطاريات الرصاص الحامضية، الزجاج بأنواعه ، فلكنة المطاط ، البوليمرات والأصباغ.
(PbO_2)	بني أسود ، يتحول إلى (PbO) عند درجة حرارة ٢٩٠° ، لايذوب في الماء والقواعد ، يذوب في الأحماض .	صناعة بطاريات الرصاص الحامضية ، والأصباغ، والبوليمرات وتحلية مياه البحر ، فلكنة المطاط .
(Pb_2O_3)	أصفر لايذوب في الماء البارد ، ويتفكك بالماء الحار.	بطاريات الليثيوم ، المفرقعات.
(Pb_3O_4)	برتقالي أحمر ،لايذوب في الماء البارد والإيثانول ، يذوب في حامض الخل وحامض كلوريد الهيدروجين الحار.	الدهانات المقاومة للتآكل ، بطاريات الرصاص الحامضية ، تلوين البورسلان ، التشحيم، الوقاية من الاشعة ، المواد اللاصقة في المطاط.

● جدول (٤) أهم صفات واستخدامات أكاسيد الرصاص .

شكل سبيكة أم مركب ، ويمكن الإشارة الى أهم تلك الاستخدامات فيما يلي :

● بطاريات الرصاص

تستأثر صناعة بطاريات الرصاص الحامضية حوالي ٦٠٪ من إنتاج الرصاص في الدول الغربية ، وعليه يبدو أن تلك الصناعة هي التي تحدد نمو الطلب على الرصاص وذلك لأنها تزيد بازدياد الطلب على وسائل النقل ، وتشير الإحصائيات حتى عام ١٩٨٧م الى أن عدد بطاريات السيارات والمركبات وصل إلى ١٦٠ مليون بطارية للعربات الجديدة . وحيث أن عدد السيارات والمركبات في تزايد مستمر فليس من المستبعد أن تزيد نسبة استهلاك الرصاص لتلبية هذا التزايد على حساب الاستخدامات الأخرى ، وفضلاً عن ذلك تستخدم البطاريات في الجرارات وفي حالات الطوارىء لمحطات الكهرباء ، والحاسبات ، والقطارات ، والطائرات وغيرها .

● الأصباغ والمركبات

تستهلك هذه الصناعة حوالي ١٤٪ من إنتاج الرصاص ، وتشمل صناعة الزجاج ، والخزف ، والبلاستيك ، والدهانات .

● الصناعات التحويلية

تستهلك تلك الصناعة حوالي ٨٪ من إنتاج الرصاص . وتشمل تلك الصناعات ألواح وأنابيب الرصاص ، وبالرغم من أن صناعة الأنابيب كانت المستهلك الأساس لهذه الصناعة إلا انها أخذت في الاضمحلال بسبب سمية الرصاص وتم استبدالها بالأنابيب البلاستيكية . وعليه فإن صناعة الألواح سوف تصبح المستخدم السائد حيث يستفاد منها في صناعة الدروع الواقية من الاشعاعات المؤينة ، وتبطين المواد لمقاومة التآكل .

● تكسية الكوابل

يستخدم الرصاص لحماية أسلاك التوصيلات الكهربائية والإتصالات ، ورغم ظهور الألمنيوم والبلاستيك كبديل للرصاص في هذه الصناعة ، إلا أن هذا الإستخدام يستهلك حوالي ٥٪ من إنتاج الرصاص العالمي في الوقت الحالي .

● سبائك اللحام

تستهلك هذه الصناعة حوالي ٤٪ من إنتاج الرصاص ، ومع التوسع في الأجهزة الإلكترونية فإن هذا الإستخدام سوف يستهلك المزيد من الرصاص .

● الوقود

وصل استهلاك الرصاص كمادة مضافة لتحسين أداء الجازولين عام ١٩٧٢م إلى ٤٠٠ ألف طن ، و لكن بعد معرفة الآثار الضارة لمركبات الرصاص على البيئة واكتشاف ميثيل ثالثي بيوتيل الإيثر (MTBE) كبديل آمن انخفض استهلاك الرصاص في هذه الصناعة حيث وصل الى ٣٪ ، وسوف يصل هذا الاستهلاك إلى الصفر باختفاء المركبات القديمة وتنامي ظهور الوقود الخالي من الرصاص .

● الأسلحة والذخيرة

تستهلك تلك الصناعة حوالي ٢٪ من الرصاص ويستخدم الرصاص لسبائك الصلب والنحاس وكحشو ظروف الطلقات في الأسلحة .

الأضــرار الصحــية

بالرغم من استخدامات الرصاص في الاغراض المذكورة ، وكذلك للأغراض الطبية مثل مقاومة بعض الأمراض المعدية – الطاعون – وفي مستحضرات التجميل الا أن آثاره الصحية والبيئية لايمكن أهمالها ، ويأتي التلوث بالرصاص من عدة مصادر منها مايلي :–

● مياه الشرب

تساهم مياه الشرب بقدر كبير في التسمم بالرصاص الذي قد يصل إلى الماء من المصادر الطبيعية ، والمياه السطحية ، وأنابيب المياه ، وخزانات المياه المبطنة بالرصاص ، وتوصيلات المياه . ويصل الحد الأعلى للتلوث بالرصاص في مياه الشرب إلى ٥٠ ميكروجرام / لتر حسب مواصفات المجموعة الاقتصادية الاوربية ، على أن وكالة حماية البيئة الامريكية تحدد ٥ميكروجرام /لتر كأعلى مستوى للرصاص في الماء الصالح للشرب ، و سجلت تركيزات تفوق ٣٠٠ ميكروجرام /لتر في بعض المياه ، وقد ارجع السبب في ذلك لانخفاض الرقم الهيدروجيني لتلك المياه ولإرتفاع درجة حرارتها اذا أن المياه الحارة من شأنها أن تذيب بعض الرصاص من أنابيب المياه المستخدم فيها الرصاص .

● الهواء

لقد حدد تركيز ٠,٨٤ جم/لتر كحد أعلى لإضافة مركبات الرصاص في وقود السيارات (الجازولين) ، وقد تم الاستغناء الكلي عن إضافة مركبات الرصاص إلى وقود السيارات في الولايات المتحدة الأمريكية منذ عام ١٩٩٠م ، وتعمل كثير من الدول على خفض نسبة (تركيز) مركبات الرصاص المضاف إلى وقود السيارات ، وفي المملكة العربية السعودية على سبيل المثال ، إنخفض متوسط تركيز مركبات الرصاص إلى ٠,٦٠ جم/لتر منذ عام ١٩٨٧م ، وإستمر إنخفاضه حتى وصل ٠,٤٠ جم/لتر في عام ١٩٨٩م ، ويتوقع أن يتوفر الوقود الخالي من مركبات الرصاص في السنوات القليلة القادمة.

يبلغ الإنبعاث العالمي الطبيعي للرصاص في الهواء حوالي ٢٤ الف طن

في العام ، من جانب آخر يمكن لهذا المعدل أن يرتفع إلى أكثر من عشرة أضعاف بازدياد الصناعات المستخدمة للرصاص ، خاصة من عوادم السيارات ، وفي سبيل الحد من تلوث الهواء بالرصاص فقد حددت المجموعة الأوربية تركيز الرصاص في شكل رباعي إيثيل الرصاص المضاف إلى الوقود بحوالي ٠,١٥ جم /لتر .

● التربة

تتراوح كمية الرصاص في التربة مابين ٢ إلى ٢٠٠ جزء من مليون ، ويمكن أن يتسبب الغبار الحامل للرصاص - خاصة في الأماكن الصناعية أو بالقرب من الشوارع المكتظة بالسيارات - مشاكل كبيرة للاطفال ، وقد سجلت الاماكن المطلة على شوارع المرور السريع كميات كبيرة من الرصاص في التربة فاقت أكثر من ١٥٠٠ جزء من المليون ، كما سجلت الأماكن القريبة من المناطق الصناعة أكثر من ٢٠٠٠ جزء من مليون في التربة .

● الطعام

رغم إمكانية دخول الرصاص للإنسان عن طريق الإستنشاق أو الجلد ، إلا أن مايدخل عن طريق الفم مع الطعام والشراب يعد الأهم من الناحية الصحية ، وتتعدد مصادر مايصل من رصاص للإنسان عن طريق الفم سواء من خضروات أو ماء أو من اللحام المستخدم في التعليب ، كذلك لايمكن إهمال مصدر آخر من مصادر التلوث بالرصاص المتمثل في تعامل الأطفال بالدهانات ، واللعب المحتوية على الرصاص أو مركباته .

● التعرض الوظيفي

يتعرض المتعاملون مع الرصاص سواء كان في المصانع أو المناجم أو المطابع التي مازالت تستخدم الرصاص لسكب الحروف إلى خطورة التلوث بالرصاص ، لأن الرصاص يمكنه أن يدخل إلى جسم الأنسان من خلال الجهاز التنفسي على شكل ذرات دقيقة وأبخرة ، وتحدد وكالة حماية البيئة الأمريكية أن يكون الحد الأقصى لتركيز الرصاص في الهواء حوالي ١,٥ ميكروجرام/م٣ ، وفضلاً عن ذلك فقد أتخذت احتياطات أخرى لتقليل مايصل للجهاز التنفسي من هذه المادة باستخدام الاقنعة الواقية خاصة للعاملين في منشآت تصنيع الرصاص وغيرها .

عالم في سطور

العباس الجوهري

● **اسمه:** هو العباس بن سعيد الجوهري البغدادي .

● **ولادته ووفاته :** لايعرف بالضبط متى ولد ولا متى توفى إلا أنه كان على قيد الحياة حتى سنة ١٢٨هـ ، وأصله من بغداد كما يدل على ذلك اسمه.

● **تعليمه:** تلقى تعليمه في دار السلام (ببغداد) ولكنه قضى وقتاً في دمشق لهذا الغرض ، وقد درس عن كثب هندسة أقليدس ولذا لقب بالمهندس ، ويعد من مؤسسي المنهج العلمي التجريبي في العصور الإسلامية، كما يعد من أوائل علماء العرب والمسلمين الذين رصدوا النجوم والكواكب.

● **مكانته:** كان ذا مقام كبير عند الخليفة العباسي المأمون ، حيث أحاطه بالعناية والرعاية لمكانته العلمية ، وقد ندبه إلى مباشرة الرصد بالشماسية ببغداد ، ويدل على مكانته العلمية في حقل الهندسة تعليقاته وتفسيراته لآراء ونظريات أقليدس التي استعصت على العلماء الأوائل.

● **إهتماماته:** إهتم العباس الجوهري في مجالي الفلك والهندسة ، ففي مجال الفلك قام بدراسة الأجرام السماوية ، خاصة الشمس والقمر ، حيث قدم دراسة متكاملة عن طبيعتهما وحركاتهما ، وبقيت آراؤه ونظرياته في هذا المضمار حجة يستند عليها علماء الاسلام ، أما في مجال الهندسة فقد أهتم بصناعة التسيير وحساب الفلك ، وبرع في علم الهندسة لايمانه بأهمية الهندسة في علم الفلك .

● **أعماله:** قام بصناعة آلات الأرصاد ومن خلالها حقق مواضع بعض الكواكب السيارة والنيرين (الشمس والقمر) ، وأضاف كثيراً من الأشكال الهندسية على آراء ونظريات أقليدس ضمنها في كتابيه « الأشكال» و « تفسير كتاب أقليدس».

يجمع العلماء على أنه من نوابغ علماء العرب والمسلمين وأنه صاحب نظريات وآراء أصيلة في مجال علمي الفلك والهندسة ، فهو لم يكتف بالترجمة من اللغات الأخرى ، بل كان لإبداعه دور كبير في بزوغ الطابع الاسلامي لعلم الفلك.

المصدر : «رواد علم الفلك في الحضارة العربية والاسلامية » الدكتور علي عبدالله الدفاع.



يصنف كلاً من الفضة والبلاتين ضمن الفلزات النفيسة ، وكلاهما يوجد في الطبيعة ضمن خامات الذهب والنحاس والنيكل والخارصين بنسب مختلفة .

ينتمي فلز الفضة إلى المجموعة أ ـ ب (I B) من العناصر الانتقالية مع فلزي النحاس والذهب . أما البلاتين فياتي ضمن المجموعة الثامنة (VIII) من مجموعة العناصر الانتقالية بعد فلزي النيكل (Ni) والبلاديوم (Pd) .

لايقل فلزي الفضة والبلاتين أهمية عن الذهب من حيث مكانتهما في الصناعة والاقتصاد بل أن البلاتين يعد أكثر أهمية من الذهب من حيث سعره في سوق المال والحاجة إليه في كثير من الصناعات خاصة في صناعة المحفزات .

سيتناول هذا المقال فلزي الفضة والبلاتين من حيث خاماتهما وطرق استخدامهما ومركباتهما وسبائكهما وأهميتهما الصناعية .

الفضة

يعد فلز الفضة المعدن الثالث بعد الذهب والنحاس في سلم المعادن التي عرفها الإنسان منذ القدم ، وتدل سجلات التاريخ بأن الآشوريين استعملوا الفضة منذ حوالي ٢٠٠٠ سنة قبل الميلاد ، وفي سنة ١٢٠٠م تم صناعة العملة في بريطانيا من الفضة والنحاس بنسبة ٢٥٪ فضة و ٧٥٪ نحاس .

● الخواص الفيزيائية والكيميائية

الفضة فلز أبيض لمّاع يتكون من بلورات ذات شكل مكعب مركزي الوجوه وذات وزن نوعي ١٠,٤٩جم/سم٣ عند درجة حرارة ٢٠ْم ، وتبلغ درجة انصهارها وغليانها ٩٦١,٩ْم و ٢٢١٠ْم على التوالي .

وعند انصهار الفضة فإنها تذيب الأكسجين الذي بداخلها ، وفي حالة تصلبها يخرج الأكسجين على شكل فقاعات . فمثلاً عند درجة حرارة ١٠٠٠ْم يذيب واحد سم٣ من الفضة ٢٠سم٣ من الأكسجين (وهذا راجع للتركيب $AgO_{0.01}$) .

وتتفاعل الفضة مع بعض العناصر والمركبات مكونة مركبات عديدة ومن أمثلة ذلك مايلي :ـ

ـ الهالوجينات خاصة عند درجات الحرارة العالية مكونة هالوجينات الفضة .

ـ حامض الكلور في درجة حرارة الغرفة مكوناً كلوريد الفضة .

ـ الاوزون مكونة طبقة سوداء من أكاسيد الفضة على السطح .

ـ كبريتيد الهيدروجين (محلول أو غاز) مكوناً طبقة سوداء من كبريتيد الفضة على السطح . وعند ارتفاع درجات الحرارة يكتمل تفاعل كل الفضة الموجودة مع كبريتيد الهيدروجين أو عديد كبريتيد الصوديوم لتكوين كبريتيد الفضة .

ـ الأحماض الساخنة لتكوين أملاح الفضة ومن أمثلة ذلك مايلي :ـ

$$3Ag + 4HNO_3 \longrightarrow 3AgNO_3 + 2H_2O + NO$$

$$2Ag + 3H_2SO_4 \longrightarrow 2AgHSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

● وجود الفضة في الطبيعة

تتواجد الفضة في الطبيعة على شكل حر أو على أشكال مركبات كيميائية مختلفة ، ومن أهم خاماتها الأرجنتايت (Ag_2S) وسيرارجايرايت [Ce(AgCl)] ، والبوليبايت [$(Ag_2Cu)I_2\ Sb_2Sn$] ، كما توجد مع بعض الكبريتيدات والزرنيخات مثل رباعي هيدرايت التي تتكون من [$(SbAs)S_3$, $(CuAg)_3$] .

توجد الفضة في العديد من الدول العربية مثل المغرب وتونس والجزائر بالإضافة إلى المملكة العربية السعودية ، كما تتواجد في روسيا وكندا والمكسيك وبيرو والولايات المتحدة الامريكية وهي أكبر منتج للفضة في العالم .

● استخلاص الفضة

تستخدم نفس طرق الذهب في عمليات إستخلاص الفضة مثل عمليات الملغمة ، أو السيندة ، إلا أن الطريقة الأولى لاتستخدم حالياً ، نظراً لخطورة الزئبق ، وتعد طريقة السيندة الأحسن من الناحية الاقتصادية ولكنها طريقة بطيئة مقارنة بطرق معالجة الذهب ، وهناك طرق أخرى اقتصادية استخدمت حديثاً ، حيث تستخلص الفضة كناتج ثانوي مع معادن أخرى تتواجد معها في الخامات مثل النحاس ، والرصاص ، والخارصين أو البلاتين ، ومن أهم تلك الطرق مايلي :ـ

*** التعدين بالتحلل الحراري :** وفيها يتم تفاعل المركبات الحاوية على الفضة مع مركب كربونات الصوديوم (Na_2CO_3) أو هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) عند درجة حرارة ١٠٠٠ْم كما هو مبين في التفاعلات التالية :ـ

$$\underset{\text{مصهور}}{2AgCl} + \underset{\text{مصهور}}{Na_2CO_3} \longrightarrow \underset{\text{مصهور}}{2Ag} + \underset{\text{مصهور}}{2NaCl} + \underset{\text{غاز}}{CO_2} + \underset{\text{غاز}}{1/2O_2}$$

$$\underset{\text{مصهور}}{Ag_2SO_4} + \underset{\text{مصهور}}{Na_2CO_3} \longrightarrow \underset{\text{مصهور}}{2Ag} + \underset{\text{مصهور}}{Na_2SO_4} + \underset{\text{غاز}}{CO_2} + \underset{\text{غاز}}{1/2O_2}$$

$$\underset{\text{مصهور}}{2AgCl} + \underset{\text{مصهور}}{2NaOH} \longrightarrow \underset{\text{مصهور}}{2Ag} + \underset{\text{مصهور}}{2NaCl} + \underset{\text{غاز}}{H_2O} + \underset{\text{غاز}}{1/2O_2}$$

* **السيندة :** وتشبه معالجة مركبات الذهب بالسيانيد ، إلا أن إذابة خامات الفضة هنا تحتاج إلى تركيز أعلى منه للذهب ، ويرجع السبب لكون الوزن الذري للفضة أقل منه للذهب ، أما السبب الثاني فيكمن في أن نسبة الفضة في خاماتها أعلى من تلك التي للذهب . وتوضح المعادلات التالية عملية السيندة لبعض خامات الفضة .

$$Ag_2S + 4NaCN + 2O_2 \longrightarrow 2NaAg(CN)_2 + Na_2SO_4$$

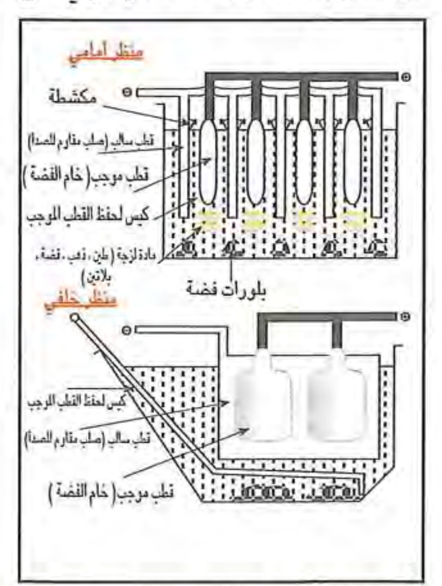
$$AgCl + 2NaCN \longrightarrow NaAg(CN)_2 + NaCl$$

* **الطريقة الكهربائية :** وتستخدم حالياً لتنقية الفضة من المحاليل المحملة بها ، حيث يتم إنتاج فضة نظيفة وتستخدم للإنتاج التجاري وبصورة جيدة ونسبة استرجاع (٩٥٪-٩٨٪) من الفضة الموجودة ضمن المحلول ، أما نقاوة الفضة المسترجعة فتتراوح بين ٩٢ إلى ٩٨٪ ، وللحصول على نسبة عالية من النقاوة يجب السيطرة على العملية سيطرة دقيقة مثل التحكم في قوة التيار والفولتية ، وتتم العملية باستخدام خلية كهربائية تكون فيها الأقطاب إما عمودية أو أفقية :

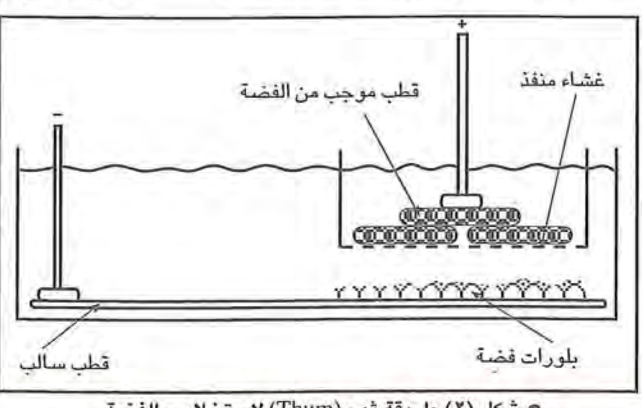
- الخلية ذات الأقطاب الرأسية (خلية موبيوس Mobius) : وتصنع من مادة مقاومة للحوامض ويكون طولها مساوياً لعرضها ، ويكون المهبط مصنوعاً من الفولاذ غير القابل للصدأ ، ويتكون المنحل من محلول متعادل (Neutral) يحتوي على ٦٠جم/لتر من الفضة على شكل نترات الفضة مع كمية من النحاس في حدود (٣٠-٤٠)جم/لتر على شكل نترات النحاسيك ، ويتم التحكم في كثافة التيار ، وفرق الجهد بحيث يكونان في حدود (٠,٠٥) أمبير/سم٢ و ٢,٧ فولت على التوالي ، وبهذا تترسب الفضة على المهبط وتزال بإستمرار ، وتجمع المعادن المتبقية على المصعد في حقائب وتعامل لاحقاً لاسترجاع كل من الذهب والبلاتين حسب نوع الخامات المستخدمة .

تفضل طريقة **موبيوس** ، شكل (١) ، عندما يكون تركيز خام الفضة أكثر من ٩٠٪ فضة ، حيث أن وجود النحاس أو الذهب بنسب كبيرة في الخام يحتاج إلى عمليات تنظيف وإزالة مكلفة . ويكون ناتج الفضة من عمليات موبيوس نقياً بنسبة ٩٩,٩٥٪-٩٩,٩٩٪ فضة ، وإعادة التنقية تؤدي إلى ٩٩,٩٩٥٪-٩٩,٩٩٩٪ فضة.

- الخلية ذات الأقطاب الأفقية (خلية ثوم - Thum) : ويشبه تشكيلها تشكيل خلية موبيوس إلا أن وضع المصعد والمهبط يكونان مختلفين وبترتيب بحيث يكونان في وضع أفقي ، شكل (٢) ، كما تكون الخلية بعمق أقل من الخلية الرأسية . ويصنع المهبط من الكربون والجرافيت أو الفولاذ غير القابل للصدأ ، وتغطى أرضية الخلية ، أما المصعد فيكون أصغر من المهبط ويصنع من الفضة ويوضع في سلة تكون معلقة فوق المهبط وعلى بعد ١٠سم منه ، وتوضع في أسفل السلة بطانة من المعدن تسمح بإنتقال أيونات الفضة من خلاله ولا تسمح بمرور طفو كل من الذهب والمعادن الأخرى . وتعمل الخلية بفرق جهد يتراوح ما بين ٣ إلى ٣,٥ فولت وبكثافة للتيار الكهربائي مشابهة للخلية الرأسية ، وتستعمل هذه الطريقة بصفة عامة في أمريكا ، يؤخذ على هذه الخلية كبر حجمها واستهلاكها الكبير للطاقة .



● شكل (١) التنقية الكهربائية للفضة بواسطة عمليات موبيوس.



● شكل (٢) طريقة ثوم (Thum) لإستخلاص الفضة .

* **طريقة التحميص الاختزالي :** وفيها يتم الحصول على كلوريد الفضة من الخام الكبريتيدي بإستخدام الملح الإعتيادي (كلوريد الصوديوم) ، حيث يذاب هذا المركب بواسطة محلول الهيبو كبريتات ، ومن ثم يتم ترسيب الفضة على شكل كبريتيد بواسطة كبريتيد الصوديوم (Na_2S) ، كما هو موضح في المعادلة التالية :

$$2AgNaS_2O_3 + Na_2S \longrightarrow 2Na_2S_2O_3 + Ag_2S$$

حيث يمكن إذابة الفضة في الأحماض ، كما يمكن إجراء عملية الصهر الإختزالي مع الرصاص للحصول على شبكة الرصاص ، أما الفضة فإنها تسترجع من سبيكة الرصاص .

● مركبات الفضة

تنقسم مركبات الفضة إلى مايلي :-

(أ) مركبات ذوابة وقليلة الذوبان : ومنها نترات الفضة ويتم الحصول عليها بتفاعل الفضة مع حامض النيتروجين .

$$3Ag + 4HNO_3 \longrightarrow 3AgNO_3 + NO + 2H_2O$$

يستخدم معظم ناتج نترات الفضة تجارياً في عمليات التصوير ، كما يستخدم جزء منها لتحضير المركبات الأخرى للفضة مثل : ثنائي سيانو أرجنتيت البوتاسيوم (Potassium dicyanoargentate) .

وتعد هذه المادة هي أساس عمليات الطلاء بالفضة وأكسيد الفضة (Ag_2O) . تستهلك حوالي ٤٥٪ من إنتاج العالم من الفضة (تقريباً ١٥٠٠٠طن) على شكل نترات فضة .

* **هاليدات الفضة ،** وتشمل مايلي :-

- كلوريد الفضة (AgCl) ، وبروميد الفضة (AgBr) ، ويوديد الفضة (AgI) ، وهي حساسة للضوء لذا تستخدم للطلاء



● بعض المنتجات المصنوعة من الفضة المستخدمة في الزينة .

الفوتوغرافي للأفلام والأوراق .

* **اكاسيد الفضة** ، ومن أهمها :-

أكسيد الفضة Ag_2O(I) و أكسيد الفضة AgO(II).

يستخدم (Ag_2O) في صناعة البطاريات ، وفي التحضيرات العضوية ، حيث تم استبدال ذرة الهالوجين بواسطة مجموعة (OH) . أما (AgO) فيستخدم كعامل مؤكسد وفي الخلايا الفولتية (Voltaic Cells) حيث أن كمية الكهرباء الناتجة من مول واحد من أكسيد الفضة (II) تتفاعل ضعف تلك الناتجة من أكسيد الفضة (I) ، مما يؤدي إلى مساحة أقل وأفضل اقتصادياً ، حيث يكون استهلاك الفضة أقل .

* **بيرمنجنات الفضة ($Ag MnO_4$)** : وتستخدم كعامل مساعد ومطهر.

* **فلوريد الفضة (AgF):** وله استخدامات قليلة مثل تحضيرات مركبات الفلور الكيميائية ، بالإضافة إلى مركب فلوريد ثنائي الفضة (Ag_2F) وهو فعّال جداً ، ورباعي فلوربوريت الفضة $Ag(BF_4)$ ، الذي يستخدم كمحلول ماص للايثلين ، وهو شديد الإمتصاص للرطوبة وغير ثابت في الضوء .

* **أملاح الأكسجين الهالوجينية :** وتشمل كلورات الفضة $Ag(ClO_3)$ وبيركلورات الفضة ($AgCO_4$).

(ب) مركبات فضة غير ذوابة : وتشمل كبريتيد الفضة (Ag_2S) ، وكربونات الفضة (Ag_2CO_3) ، وأيزوسيانيت الفضة (AgNCO) ، وسيانيت الفضة (AgCN) . وتستخدم كمادة وسطية لتحضير معقد ثنائي سيانو أرجنتيت (I) ، وتعد سيانيت الفضة مادة مهمة في الكيمياء التحليلية ، لقلة ذوبانها في الماء ، حيث تتحول بسهولة إلى معقد ثنائي سيانو أرجنتيت .

(جـ) معقدات الفضة ، ومنها :

* **بوتاسيوم ثنائي آرجنتيت (I)** $K[Ag(CN)_2]$ وتستخدم في صناعة الحلي والطلاء بالفضة .

* **معقدات الثيوكبريتات ومنها مايلي :-**

$$2NaAg(S_2O_3) \longrightarrow Na_2S_2O_3.\ Ag_2S_2O_3$$

$$Na_4[Ag_2(S_2O_3)_3] \longrightarrow 2Na_2S_2O_3.\ Ag_2S_2O_3$$

$$Na_3[Ag(S_2O_3)_2] \longrightarrow 3Na_2S_2O_3.\ Ag_2S_2O_3$$

$$2Na_5[Ag(S_2O_3)_3] \longrightarrow 5Na_2S_2O_3.\ Ag_2S_2O_3$$

و تدخل جميع هذه المعقدات في عمليات التثبيت الفوتوغرافي ، وليس لها أهمية تقنية بحد ذاتها .

- معقدات ثنائي الأمين $[Ag(NH_3)_2]$ وتعد مادة شديدة الأنفجار.

(د) المواد المتفجرة : ومنها أزيد الفضة (AgN_3) وأمين الفضة ($AgNH_2$) ، فولمنيت الفضة (AgCNO) ، استيليد الفضة (Ag_2C_2) ، وأكسالات الفضة $(COOAg)_2$

● خلائط الفضة

تتكون خلائط الفضة من الفضة مع فلز أو أكثر ، ويوضح الجدول (١) أهم تلك الخلائط واستخداماها .

● الفضة في المملكة

دلت الحفريات القديمة على وجود عشرة مناطق في المملكة تتوفر فيها الفضة ، حيث عمد القدماء على التنقيب عن الفضة والذهب وغيرها من المعادن ، وأهم هذه المناطق هي أبو أسنون ، والعريضة ، وجبل العذل ، وجبل رداهة ، وجبل أم مهاتة جابة ، ومحيرقة ، وسمرة ، وسدرية ، وحمدورة . وتوجد الفضة مع خامات الذهب ، والرصاص ، والنحاس والمعادن الأخرى المتوفرة في درع الجزيرة العربية .

وفي منطقة السهل بالجنوب ، خاصة منطقة الدوادمي - القريات - حلبان ، تم العثور على أماكن تعدين للفضة ، كما أن أكبر هذه المناجم موجود في سمرة والسدرية قرب مدينة الدوادمي ، وقد قدر المخزون بحوالي ٢٥٠٠طن من الخام . ويحتوي منجم السدرية على مركبات معدنية من السلفيد ، وترسبات الأرجنتيت (Argentite) والجالينا (Galena) . وتتواجد الفضة في عروق مع عناصر أخرى بنسبة ٣٫٤ أونصة . إلى ٠٫٦ أونصة فضة لكل طن ، إما في مناجم سمرة والتي تبعد ١٢ كم جنوب الدوادمي فتوجد بها الفضة بنسبة ١٢٫٣ أونصة لكل طن من الخام . أما في جبال عسير ، فيوجد الخام في منطقة تبعد ٧٠ كم غرب القنفذة على شاطي البحر الأحمر ، والخام على شكل حجر كلسي ويحتوي على جالينا - وخام فضة (Argentiferous.Galena) ويعرف المنجم باسم داري قانونة ،حيث يعتقد بأنه قد تم التعدين من أجل الحصول على الرصاص .

الخليط	الاستخدام
فضة - نحاس	العملة والحلي
فضة - كادميوم	التوصيل الكهربائي
فضة - ذهب	الحلي قليلة الصلابة
فضة - بلاديوم	الأغشية
فضة - نيكل	الفضة الناعمة
فضة - نحاس - ذهب	الحلي
فضة - قصدير - زئبق	ملغم الاسنان
فضة - رصاص - خارصين	استخراج الفضة من خاماتها
فضة - رصاص - ذهب	تنقية الفلزات النفيسة
فضة - نحاس - خارصين - كادميوم	خليط الاسنان الذهبية

● جدول (١) أهم خلائط الفضة واستخداماتها .

البلاتين

عرف البلاتين منذ القدم (١٩٠٠ قبل الميلاد) ، حيث تم صناعة الحلي منه في الأكوادور وكولومبيا ، بعد ذلك في القرن السادس عشر الميلادي قام الأسبان بالبحث عنه بعد استعمار دول أمريكا ، وظهر أول تقرير عن وجوده بواسطة **سكاليجار** (J.C.Scaliger) عام ١٥٥٧م (١٤٨٤-١٥٥٨م) ، وقد تم إستخدام البلاتين من قبل الروس عام ١٨٥٠م في صناعة العملة ومن ثم تطور استخدامه في كثير من المجالات .

● الخواص الفيزيائية والكيميائية

للبلاتين مقاومة عالية للتآكل مثل الذهب ، ويبلغ وزنه النوعي ٢١٫٤٥جم/سم٣عند درجة حرارة ٢٠ْم ، ينصهر البلاتين عند درجة حرارة ١٧٧٢ْم ويغلي عند درجة ٤١٧٠ْم وله عدة نظائر أعدادها الكتلية (١٩٠، ١٩٤، ١٩٥، ١٩٦، ١٩٨) وتتميز بلورات البلاتين بأن لها

شكل مكعب مركزي الوجوه .

يذوب البلاتين بنسب مختلفة حسب تركيز الأحماض ودرجة الحرارة المستخدمة ، فعلى سبيل المثال يذوب البلاتين في محلول حامض اليود (٥٧٪) عند درجة ١٠٠ْم بمقدار ١٠ملجم/سم٣/الساعة ، وفي الماء الملكي عند درجة ١٠٠ْم .

● وجوده في الطبيعة

يوجد البلاتين في الطبيعة بشكل حر وعلى الأغلب مختلطاً مع مجموعة فلزات على شكل سبائك ، ويوجد أيضاً مع بعض خامات الذهب أو على شكل حر في الخامات التالية :

١ـ **السبيرلايت (Sperrylite)** ، وهي بلورات بيضاء وصفراء هشة ذات تركيب بلوري مكعبي تتكون من زرنيجيد البلاتين ($PtAs_2$) وكثافتها تساوي ١٠,٥٨جم/سم٣ وتحتوي على البلاتين بنسبة ٥٢-٥٧٪ .

٢ـ **الكوبرايت (Coperite) والبراكايت (Braggite)** ، وتتكون من كبريتيد البلاتين والبلاديوم والنيكل (Pt, Pd, Ni)S ، وهي بلورات رباعية الشكل ذات لون رمادي فلزي وكثافتها حوالي ١٠جم/سم٣ وتحتوي على الفلزات بالنسبة التالية : ٥٨-٦٠٪ بلاتين من ١٨-٢٠٪ بلاديوم من ٢-٤٪ نيكل .

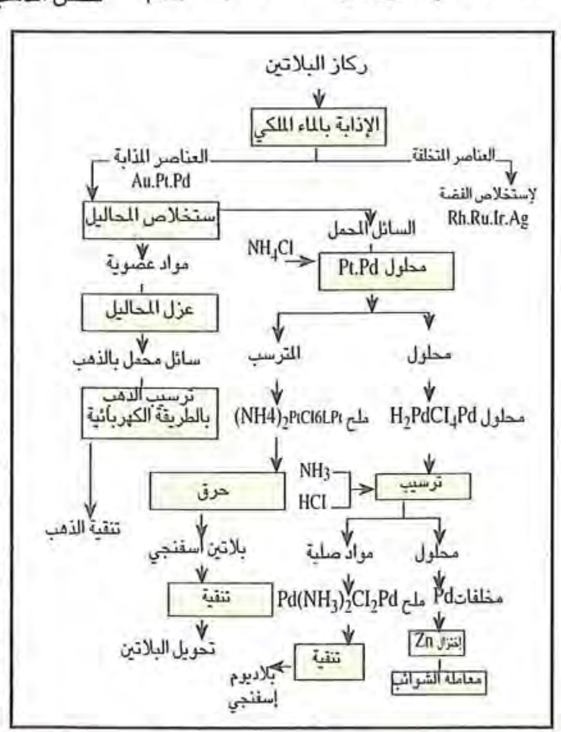
● إستخلاص البلاتين

تعد عمليات استخلاص البلاتين معقدة جداً وباهظة التكاليف نظراً لصعوبة فصله عن بقية الفلزات والتي توجد معه وبكثرة مثل الإريديوم ، والروديوم ، والأوزميوم ، والروثنيوم والبلاديوم ـ تسمى مجموعة البلاتين ـ وفلزات أخرى .

ويتم استخلاص البلاتين على مرحلتين ، حيث يتم في المرحلة الأولى فصل البلاتين مع عناصر مجموعته على شكل سبيكة أو راسب ، أما المرحلة الثانية فيتم معاملة السبيكة أو الراسب بطرق كيميائية معقدة للحصول على البلاتين والفلزات الأخرى بشكل نقي كما يتضح ذلك من الشكل (٣) ، وتعتمد طريقة استخلاص البلاتين على نوع الخامة أو على وجوده في الطبيعة .

※ **البلاتين الحر :** ويوجد في طبقة من الرمال تحتوي أيضاً على مجموعة البلاتين بالإضافة إلى الذهب ، يتم أولاً عزل الذهب عن طريق إمرار تيار مائي على الرمال التي تحتوي على هذه الفلزات ، ثم تمرر بعد ذلك على صفائح معدنية مغطاة بالزئبق الذي يعمل على ملغمة الذهب تاركاً البلاتين وبقية عناصره التي لا تتملغم ، وهكذا يتم فصل الذهب عن البلاتين وعناصره الأخرى ، ويتبقى الراسب الحاوي للبلاتين وبقية عناصره ، فيغسل جيداً وتجرى عليه عمليات تنقية لتركيز البلاتين وبقية الفلزات في الراسب .

※ **راسب البلاتين :** وفيه يتم أولاً استرجاع كل من النحاس والنيكل من الخام الحاوي لهما ، حيث يركز الخام أولاً بعد عملية التحميص والصهر للخامات الكبريتيدية الذي يخضع إلى عملية تحويل لاحقة للحصول على نا تج يحتوي على ٧٥٪ من النحاس والنيكل و ١٪ حديد ، وكبريت بنسبة تتراوح ما بين ٢١إلى٢٣٪ ، ثم يبرد المعدن النا تج بصورة بطيئة لمدة تتراوح ما بين ثلاثة إلى أربعة ايام .



● شكل (٣) مخطط إنتاج البلاتين .

وبعد التبريد يطحن ويفصل مغناطيسياً لإزالة الحديد ، ويحتوي الناتج على النحاس والنيكل الكبريتيدي ومعظم الفلزات النقية ، وفي حالة كون الناتج لايحتوي على نسبة كبيرة من البلاتين وبقية مجموعته ، فإنه يخضع لعملية الصهر والتحويل والتبريد والطحن وعملية الفصل المغناطيسي مرة ثانية ، وبذلك تتضاعف نسبة المعادن الثمينة ضمن المنتج . بعد ذلك تتم عملية سبك للمعادن وتكون على شكل مصعد ، وبعملية التحلل الكهربائي في خلية الكتروليتية يتم تحرر النيكل والنحاس من المصعد ، أما المتبقي من المصعد الذي يدعى بـ(Anode Slime) فيخضع إلى عملية إذابة كيميائية لإزالة المعادن المتبقية ضمن المصعد من غير الفلزات النقية ، وبذلك يحصل على ركاز يحتوي على حوالي ٨٠٪ من مجموعة البلاتين ومن ضمنها الذهب والفضة ، أما المرحلة التالية فهي أجراء عملية تحميص لهذا المنتج لإذابة مركبات الكبريت وعنصر الكبريت ، ويتبخر في هذه المرحلة عنصر الأوزميوم (Os) على شكل (OsO_4) حيث يزال هذا المركب ويستخلص منه عنصر الأوزميوم .

أما النواتج المتبقية من عملية التحميص ، فتعالج كيميائياً بمحلول الماء الملكي ، حيث يذوب كل من الذهب والبلاتين ، أما العناصر الأخرى لمجموعة البلاتين فتبقى كمخلفات صلبة ، ويتم فصل الذهب من السائل (بالطريقة الكهربائية) أما البلاتين والبلاديوم فيتم فصلها بمعالجتها بمحلول كلوريد الأمونيوم البلاتيني $[(NH_4)_2 PtCl_6]$ ، حيث تترسب من المحلول .

أما المخلفات الصلبة وما يتبقى معها من بلاتين وبلاديوم ومواد سيليكونية ، فتصهر مع إضافة فحم الكوك وأكسيد الرصاص ، وتسمى هذه العملية بصهر الرصاص (lead Smelting) ، حيث يتم التخلص من الشوائب وتكوين حبيبات من الرصاص والذي يحوي المعادن الثمينة ، وتذاب هذه بحامض النيتروجين والذي يذيب كل من الفضة ، والبلاتين ، و البلاديوم ، ثم يتم الحصول على البلاتين والبلاديوم حسب الخطوات السابقة . أما النواتج غير المذابة فتخضع لعملية كبرتة لإذابة الروديوم ، ومن ثم تجري عملية صهره مع

هيدروكسيد قلوي ليتحول الروثنيوم والأزميوم إلى المحلول والراسب عبارة عن الإريديوم الذي يعالج حسب المخطط في شكل (٤) للحصول على الإريديم، ويوضح شكل(٤)كذلك مخطط للحصول على كل من الفضة والروثينيوم والروديوم بعد فصلها كرواسب .

تواجه عملية الحصول على البلاتين وبقية مجموعته مشاكل عديدة نظراً لعدم الفصل التام أثناء عمليات الإذابة وكثرة دورات الاستخلاص بالاضافة إلى وجود شوائب مختلفة محملة ضمن الخامات والتي بدورها تؤثر على عمليات الفصل .

● مركبات البلاتين

نظراً لتواجد البلاتين في حالات أكسدة مختلفة ، فهناك العديد من مركباته ، إلا أن القليل منها يمكن الاستفادة منه صناعياً وأهم هذه المركبات مايلي : ـ

ـ حامض سداسي كلورو البلاتين (I) $[H_2Pt\,Cl_6.6H_2O]$ ويعد أهم مركبات البلاتين صناعياً ، حيث يستخدم لتحضير العديد من مركبات البلاتين المهمة ، ويستخدم أساساً لصناعة المحفزات حيث تخصب (تنقع) فيه العديد من المواد ويعمل على دعمها كمحفزات (Impregnatiny Support materials) كما أن بعض مركبات البلاتين لها أهمية طبية وتسبب الحساسية الشديدة للجلد ، لما لها من خاصية سامة على الخلايا ليستفاد منها في علاج الأمراض الخبيثة كالسرطان ، وفضلاً عن ذلك فإن نقص مركبات البلاتين والتي تحتوي على مجموعات النيترو والأمونيا (لها خاصية الإنفجار) .

● خلائط البلاتين

تذوب جميع عناصر مجموعة البلاتين مع بعضها بصورة متناهية في الحالة السائلة ، وعندما يبرد المصهور يتصلب ، وليس لهذه الخلائط أهمية صناعية ، إلا أنه في حالة وجود الذهب ، ومعادن أخرى (خلائط رباعية أو أكثر) يصبح لها أهمية صناعية .

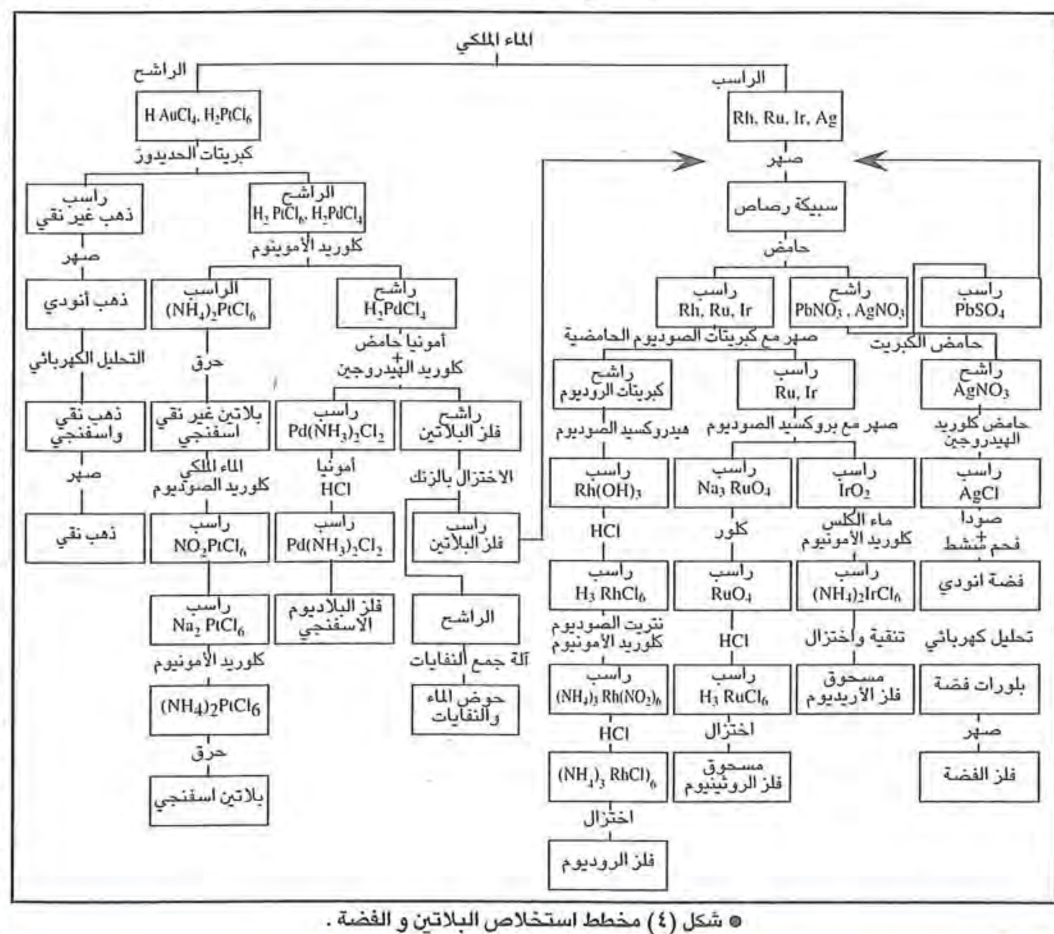
يستخدم البلاتين وبكثرة كعامل مساعد في العديد من التفاعلات الكيميائية وكذلك في العديد من تحضير المركبات العضوية ، ويستعمل في صناعة الآلات الدقيقة غالية الثمن ، وفي صناعة الأقطاب الكهربائية التي تقاوم التآكل ، ويدخل أيضاً في صناعة المجوهرات والحلي وسبائك الأسنان ، كما يشترك في العديد من السبائك وبشكل خاص بنسب صغيرة مع أعضاء مجموعته مثل الإريديوم والروديوم أو مع فلزات أخرى مثل النيكل والتنجستن وذلك للحصول على سبائك مقاومة جداً لدرجات الحرارة العالية والتآكل وذات متانة عالية جداً ، كما أن لها صفات مغناطيسية جيدة .

البلاتين في المملكة

يوجد البلاتين وبقية عناصر مجموعته في مناطق قليلة في المملكة وخاصة منطقة وادي كمال وجبل الحزابة (منطقة درع الجزيرة)، وتتصف المنطقة بخاصية المغناطيسية العالية (صفات الحديد والنيكل) ، ويمكن الحصول على البلاتين وبقية عناصر مجموعته مختلطاً مع النيكل والنحاس على شكل سلفيد ، وقد بينت الدراسات عدم الجدوى الإقتصادية للتعدين في الوقت الحاضر ، ويقدر البلاتين في خامات وادي كمال ٠,٤٠٠جم/طن ، و ٠,٢٧٥جم/طن بلاديوم .

وهناك منطقتين أخريين تم فحص خاماتهما هما وادي الهوانيت وجبل الوسع حيث يتواجد البلاتين مع الكروم .

ويوجد البلاتين بمعدل ٠,٢٢جم/طن ، وقد يصل المعدل أحياناً إلى ٠,٥١جم/طن وتعد هذه النسبة أفضل من أي نسبة موجودة في العالم ، إلا أن الكميات قليلة ومتوزعة ولم يتم تعدينها .



● شكل (٤) مخطط استخلاص البلاتين و الفضة .



القصدير فلز أبيض يرمز له بالرمز (Sn)، وقد إشتق هذا الرمز من الإسم اللاتيني (stannum) بواسطة العالم بيرزيليوس (Berzeleus)، أما إسمه فقد أخذ من الإسم القديم في اللغة الألمانية (Zin) واللغة الإسكندنافية (Tin)، وينسب بسبب لمعانه وليونته إلى كوكب المشتري.

إستخدم القصدير منذ زمن قديم، فهو أحد مكونات سبيكة البرونز (تتكون من القصدير والنحاس) التي إنتشر إستخدامها فيما يسمى بالعصر البرونزي، وقد ظهرت أول سبيكة برونزية في المعابد الفرعونية خلال الألف الرابعة قبل الميلاد. أما في الوقت الحاضر فيستخدم القصدير بشكل أساسي في صناعة صفائح القصدير التي تتكون من صلب مغطى من الجهتين بطبقة رقيقة جداً من القصدير يستخدم معظمها في صناعة العلب لحفظ وتخزين المواد الغذائية.

أنتج القصدير النقي لأول مرة في الصين واليابان عام ١٨٠٠ قبل الميلاد، ولا تعود أهمية القصدير لكونه يدخل في تركيب سبيكة البرونز فحسب وإنما لأنه يدخل في تركيب مواد اللحام، وفي تصنيع صفائح القصدير، وعلى المستوى الإقتصادي فإن للقصدير دور هام في رسم الخريطة الإقتصادية لكثير من الدول، مثل الصين، وإندونيسيا، والهند، ودول الشرق الأدنى، وشمال أفريقيا، وأوربا. ومع هذا التاريخ الطويل لإستخدامه إلا أنه لا يوجد تاريخ محددلأقدم طريقة لإستخلاصه.

أنتج القصدير في بوهيميا (بألمانيا) بشكل تجاري في عام ١١٥٠م، ويُعد أول مناجم القصدير إستغلالاً ذلك الذي وجد في منطقة سكسونيا، وقد كان يمد أوربا بإحتياجها من هذا الفلز حتى دمرتها حرب الثلاثين.

توجد أكبر مناجم القصدير في العالم في قارة آسيا، وتعد ماليزيا وأندونيسيا أكبر منتج لخامات القصدير في العالم تليها الصين، أما ثاني منطقة في إنتاج القصدير فتشمل البرازيل وبوليفيا. ومن الجدير بالذكر أن الدول المنتجة لخامات القصدير تعد في الغالب من أكثر الدول تصديراً لفلز القصدير.

الخواص الفيزيائية والكيميائية

يتمتع القصدير بلونه الأبيض اللامع وبكثافة تقدر بـ ٧,٢٩٨٤ جم/سم^{3}. وينصهر القصدير عند درجة حرارة ٢٣١,٩°م، ويغلي عند ٢٢٧٠°م، وبالتالي فإن الفرق بين درجتي إنصهاره وغليانه أعلى من أي فلز آخر، وهو قابل للطرق، ولذلك يمكن تشكيله إلى أشكال معقدة، هذه المميزات وغيرها تجعله قابلاً لتصنيع عدد كبير من المنتجات.

يقع القصدير في المجموعة الرابعة (أ) من الجدول الدوري ـ مجموعة الكربون والسيليكون ـ، ورقمه الذري ٥٠، وكتلته الذرية ١١٨,٧١، وهو ثنائي أو رباعي التكافؤ، مستقر في الجو الجاف، ولكنه يتأكسد بسرعة في الجو الرطب، ويصبح الفلز اللامع معتماً في مدة تصل إلى ١٠٠ يوم، حتى ولو كان في الأجواء الجافة، وعندما يوجد مع الأكسجين فإنه يتحد معه مكوناً طبقة من الأكسيد تزداد سماكتها مع مرور الوقت.

يتفاعل القصدير مع الهيدروجين والنيتروجين وكلوريد الهيدروجين تحت ظروف الإختزال الكيميائية الكهربية مكوناً رباعي هيدروجين القصدير (SnH_4) ورباعي نيتروجين القصدير (Sn_3N_4). كذلك يتفاعل القصدير بسرعة وبشدة مع كل من الكلور والبروم واليود، ويزداد معدل وسرعة هذه التفاعلات مع زيادة الرطوبة وارتفاع درجة الحرارة، وينتج عنها رباعي كلوريد القصدير ($SnCl_4$)، ورباعي بروميد القصدير ($SnBr_4$)، وثنائي (SnI_2) ورباعي (SnI_4)يوديد القصدير على التوالي. كما يتفاعل الكبريت بسرعة مع القصدير المصهور عند درجة حرارة أعلى من ٦٠٠°م مكوناً أول، وثاني، وثالث كبريتيد القصدير (Sn_2S_3 ,SnS_2 ,SnS)، ويتفاعل القصدير مع كبريتيد الهيدروجين ببطء بوجود الأكسجين وبخار الماء بينما يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت مع القصدير المصهور فينتج ثاني أكسيد القصدير والكبريت.

ومن الصفات الكيميائية الأخرى للقصدير أنه يتفاعل مع الأحماض والقلويات القوية فيتصاعد غاز الهيدروجين، كما يتفاعل مع هيدروكسيد الصوديوم مكوناً هيدروكسيد القصدير الصوديومي {$Na_2[Sn(OH)_6]$} ، وفي غياب الأكسجين يتفاعل القصدير ببطء مع الأحماض، بإستثناء حامض النيتروجين فإنه يتفاعل معه بسرعة، وتعتمد سرعة التفاعل على تركيز الحامض. ونظراً لأن القصدير لا يتفاعل مع الأحماض العضوية (مثل أحماض الخل، واللاكتيك، والماليئيك، والطرطريك) في درجات الحرارة الإعتيادية، فإنه يستخدم كثيراً في صناعة أواني حفظ الأطعمة.

وجـوده في الطبيعة

يقدر معدل تركيز خام القصدير في القشرة الأرضية ما بين ٢ إلى٣ جزء من مليون ، ومع أنه يوجد في عدد صغير من المناطق إلا أن تركيزه فيها يكون عالياً ، ويعد الخام إقتصادياً عندما يصل تركيزه إلى ٠,٢٪ ، وتعتمد إقتصاديته على حالة المنجم ، فمثلا في بوليفيا توجد مناجم يصل تركيز خام القصدير فيها إلى ١٪ ومع ذلك فإن إستخلاصه غير مجد إقتصادياً ، بعكس بعض المناجم في جنوب شرق آسيا التي لا يتجاوز تركيزه فيها ٠,٢٪ فقط ، ومع ذلك يمكن إستخلاصه بكميات إقتصادية. يوجد خام القصدير في الطبيعة على الأشكال التالية:

● معـادن القصدير

نادراً ما يوجد القصدير النقي في الطبيعة ، والحالة الوحيدة التي وجد فيها نقياً كانت في كندا ، ولكنه يوجد على هيئة خامات معدنية أهمها:

- **الكاسيتريت (SnO_2)** : ويعد أهم معادن القصدير من الناحية الإقتصادية.
- **الستانيت [$Cu_2(SnO_2Fe,Zn)SnS_4$]** : ويحتوي على حوالي ٢٧,٦٪ قصدير ، ولونه رمادي يميل إلى الخضرة ، ومقاومته الكيميائية أقل من الكاسيتريت ، ونادراً ما يوجد في الترسبات الناتجة عن المياه الحارة، وتعد قيمته الإقتصادية متدنية.
- **الهايدروكاسيتريت (H_2SnO_3)** : ويوجد في بوليفيا ويكون عادة مرافقاً للكاسيتريت.

كما أن هناك بعض المعادن التي تحوي على القصدير ، ولكنها ليست ذات جدوى إقتصادية.

● رواسب القصدير

تترافق ترسبات القصدير الهامة إقتصادياً مع الصخور الحامضية والنارية المتوسطة المتكونة في مراحل نشوء الجبال من التاريخ الجيولوجي للأرض ، وقد نشأت الرواسب الأولية للقصدير من تكون حجر الصوان لخام الكاسيتريت نتيجة لتلامسه مع الجرانيت أو صخوره الثانوية، وتحتوي تلك الصخور الجرانيتية والصوان الحاملة للقصدير على معادن الكوارتز ، والألبيت ، والفلدسبار ، والموسكوفيت ، والكامتيريت.

تتكون الأحواض الطينية البحرية عندما تنتقل المعقدات الصخرية الحاملة للقصدير بواسطة الأمواج المائية المتكسرة ، أو عندما تحمل الأنهار الراسب المحتوي على الكاسيتيريت إلى البحر . وتعد هذه الترسبات أهم مصادر القصدير حيث تشكل ٦٠٪ من الإحتياطي العالمي القابل للإستخراج . وتقع أكبر هذه الترسبات في جنوب شرق آسيا ، وساحل تايلاند ، وجزيرة تاي في ماليزيا ، وعلى جزر بانجا وبيليتون في إندونيسيا.

تحتوي الرواسب الثانوية عادة على نسبة تتراوح ما بين ٠,٠٥٪ إلى ٠,٥٪ من القصدير، وقد تصل في بعض الحالات إلى ٣٪، ومع أن الرواسب البحرية قد تحتوي على قصدير يتراوح ما بين ٠,٠١٪ إلى ٠,٠٣٪ ، إلا أنه يمكن إستخلاصه بكميات إقتصادية بإستخدام طريقة المناجم المفتوحة، وفي الوقت الحاضر فإن الرواسب التي تحتوي على ٠,١٪ من القصدير يمكن الإستفادة منها بكميات إقتصادية بطريقة المناجم المفتوحة ، بينما تصلح طريقة المناجم تحت سطح الأرض للرواسب التي تحتوي على ما لا يقل عن ٠,٣٪ .

طـرق إستخـلاصه

تمر عملية إستخلاص القصدير من أماكن وجوده بمرحلتين هامتين ، هما:

● التعـديـن

تستخلص خامات القصدير الأولية بواسطة المناجم تحت السطحية التي قد يصل عمقها في حالات إستثنائية إلى ألف متر ، وتستخدم فيها معظم التقنيات المستخدمة في تعدين معادن الفلزات غير الحديدية ، وتحدد طريقة التعدين بناءً على عدة عوامل منها : سمك ، وشكل ، وإتجاه كتلة الخام ، وعوامل جيولوجية أخرى.

أما في حالة الرواسب الثانوية التي تتكون على شكل حزم مخلخلة تحتوي على الكاسيترايت مع رواسب الرمل والحصى الناتجة عن عوامل التجوية فإنها تستخلص بواسطة تقنيات ذات إنتاجية عالية.

تؤثر الأوضاع المحلية بما فيها حالة النمو الإقتصادي للمنطقة على حالة التعدين، فمثلاً في زائير يستخلص القصدير من الرواسب السطحية التي تحتوي على ٠,١٥٪ من القصدير بواسطة المناجم السطحية المفتوحة التقليدية ، أما في تايلاند وماليزيا وإندونيسيا فإن القصدير يستخلص من الطين والرواسب البحرية في أودية الأنهار ، وفي المناطق البحرية القريبة من الشواطيء يستخلص الخام بواسطة المجارف الشبكية ، والحفارات الميكانيكية ، والحفارات الميكانيكية ذات السلسة والدلو ، والأدوات الأخرى المشابهة ، حيث يتم ـ بتلك الآلات ـ الفصل الإبتدائي لبعض الشوائب المعدنية والمواد الغريبة مثل الخشب. وتتم تنقية الكاسيترايت الموجود على شكل طبقات سميكة في الترسبات الرخوة والمفككة وفتات الصخور الخشنة ـ كما في جنوب الصين وتايلاند ـ بإستخدام تيارات مياه تحت ضغط عالي يصل إلى ١,٥ وحدة ضغط جوي ، مما يولد خليطاً من الماء والرمل الثقيل ، بعد ذلك ترسل الخامات المفككة إلى وحدة المعالجة ، أما بالنسبة لشواطي إندونيسيا وتايلاند وماليزيا فتستخدم طريقة الآلات الميكانيكية ذات السلسلة والدلو لإستخلاص الكاسيترايت من الرواسب الطينية الموجودة تحت سطح الماء على أعماق تصل إلى ٤٠متر.

● تنقية الخـام

تعد التنقية الأولية للخام صعبة للغاية لأن المعدن الرئيسي له (الكاسيترايت) غير مغناطيسي وغير قابل للتعويم ، ولذلك تستخدم طريقة الفصل بالجاذبية ، وفضلاً عن ذلك فإن الكاسيترايت قد يكون مصحوباً بمعادن مشابهة لمعادن القصدير خلال عملية التحضير.

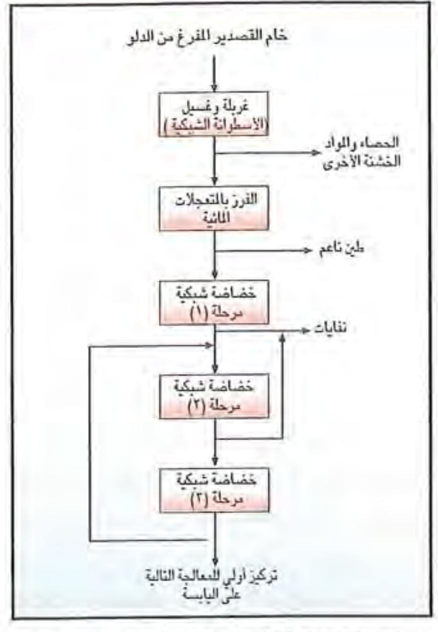
تتميز التقنيات الحالية للتنقية بقدرتها على التحكم بالمراحل المتعددة لإختزال حجم الخامات المعدنية، وفصل الكاسيترايت الناتج بعد كل مرحلة بإستخدام طرق الفرز على أساس الكثافة، وفي حالة الجزيئات الصغيرة التي يقل قطرها عن ١٠٠ ميكرون يمكن إستخدام طريقة التعويم كما في روسيا، والمملكة المتحدة، وبوليفيا، وجنوب أفريقيا، والبرتغال.

يوضح الشكل (١) طريقة التعويم ويجري خلالها تركيز أولي للقصدير، لإزالة الكبريتيدات التي قد تتكون لمواد مشابهة، ثم يتم تعويم الكاسيترايت، ويليها الفصل المغناطيسي لإزالة المواد المغناطيسية.

ونظراً لقابلية تحلل الخامات الموجودة في أحواض الترسيب بعوامل التجوية فإنه يمكن فصل مكوناتها على أساس معدل ترسبها في المعلق. ويتم ذلك بمزج الكاسيترايت ذات الحبيبات الدقيقة مع الرمل أو الحصباء. يلي ذلك تنقية الخام تنقية أولية لتجهيزه لعمليات التنقية المتقدمة على الشاطيء شكل (٢). بعد ذلك يمرر الخام من خلال إسطوانة شبكية لإزالة الحصى والأخشاب والأجسام الغريبة الأخرى التي يتراوح قطرها ما بين ١٠-٢٠ ملم. أما المواد الطينية فتفصل من خلال مرورها في شبكة المعجلات المائية،



● شكل (١) تنقية الخام بالتعويم والفصل المغناطيسي.



● شكل (٢) التنقية الأولية للخام من الرواسب البحرية.

ثم تعالج بخضاضة شبكية ذات ثلاث مراحل (Three-Stages Screen jig)، حيث تنتج المعادن الثقيلة بتركيز يتلاءم مع مراحل التنقية التالية.

أما خامات القصدير التي يتم الحصول عليها من أحواض الترسيب على اليابسة بإستخدام المدافع المائية (Water cannons)، أو من قاع البحر بإستخدام سفن خاصة مجهزة بمضخات شفط، فإنها تعالج بالطرق التقليدية لتنقيتها، مثل الخضاضة الشبكية، أو الأوعية الشبكية (Screen Troughs).

الصهر والإختزال

نظراً لأن خام الكاسيترايت هو أهم الخامات المعدنية للقصدير فإن إختزاله بواسطة الكربون أو أول أكسيد الكربون تعد أهم طريقة للحصول على القصدير النقي، كما في المعادلة التالية:

$$SnO_2 + 2CO \longrightarrow Sn + 2CO_2$$

وكثيراً ما تواجه طرق تحسين خامات القصدير مشاكل تؤدي إلى الحصول على تراكيز ذات محتويات متدنية من القصدير، ولكي لا تفقد كميات كبيرة من المواد - خصوصاً إذا كان محتواها من القصدير عال جداً - فإنه تستخدم طريقة التنقية الحرارية قبل مرحلة الإختزال، وتعتمد هذه الطريقة على كون مركبات الحديد والشوائب الأخرى لها ضغط بخاري منخفض عند درجة حرارة ١٠٠٠-١٥٠٠°م، ولذلك فإن كلاً من أكسيد وكبريتيد القصدير يتطاير بسهولة عند هذه الدرجة من الحرارة والضغط البخاري.

يتميز كبريتيد القصدير بأن ضغطه البخاري أعلى - بدرجة كبيرة - من الضغط البخاري لأكسيد القصدير، ولذلك فإنه من السهولة بمكان تبخيره وأكسدته إلى أول وثاني أكسيد القصدير، وقد تحدث بعض المشاكل في المراحل التالية من العملية بسبب إضافة البيريت (FeS_2) كمصدر للكبريت، ولذلك يجب أن يطرد أكسيد الحديد عند تكونه، كما أن إنطلاق غاز ثاني أكسيد الكبريت تجعل من عملية التنظيف عملية ضرورية. ويمكن الحصول على مميزات إقتصادية بإستخدام أنواع من زيوت التسخين الرخيصة التي تحتوي على كبريت كوقود في عملية التحميص.

تتمثل المشكلة الرئيسية في طريقة التعدين الحراري للقصدير في فصله عن الحديد، وذلك لأنه لا يمكن منع تكون أكسيد القصدير وأكسيد الحديد في نفس الوقت، كما أن القصدير المصهور يمكن أن يذيب كمية كبيرة من الحديد والمركبات المعدنية الوسيطة الأخرى التي يصعب فصلها. ولتلافي هذه المشكلة فإنه يجب أن يتم إنتاج القصدير على مرحلتين. يتم في المرحلة الأولى - تحت ظروف إختزال إعتيادية - إنتاج قصدير نقي نسبياً مع خبث غني بالقصدير، وفي المرحلة الثانية تتم المعالجة تحت ظروف إختزال قوية معطية خبث يمكن التخلص منه مع مركبات حديد وقصدير غير نقية. يعاد بعد ذلك الطور الفلزي إلى المرحلة الأولى، حيث تعاد أكسدة الحديد.

إنتاج القصدير الخام

تتطلب عملية إنتاج القصدير الخام الأخذ في الحسبان عدة عوامل منها الوفرة، والنقاوة، ووجود معادن ثمينة مصاحبة. بالإضافة إلى بعض العوامل مثل الكمية المتاحة من مواد الخام، وتكلفة الطاقة، وتكلفة الأيدي العاملة، وإعتبارات بيئية.

● التحميص

تستخدم طريقة التحميص (Roasting) ليس فقط لتحويل الكبريتيدات إلى أكاسيد

ولكنها أيضاً تعمل على تطاير الأكاسيد الملوثة مثل أكاسيد الزرنيخ، وقد تكون عملية التحميص عملية مستقلة، أو معالجة أولية قبل عملية الترشيح للتعدين المائي.

تعد عملية التحميص بالإضافة إلى عملية الترشيح ضرورية ومفيدة لتنقية وإختزال القصدير، خاصة عندما يكون مستوى الزرنيخ والرصاص أكبر من ٠,١٪ والبزموث، والأنتيمون أكبر من ٠,٠٣٪.

وبالرغم من أن عمليات التحميص طاردة للحرارة وخصوصاً تفاعلات الأكسدة، إلا أن إضافة الوقود ضرورية في عمليات التحميص القياسية الصناعية.

يعد التحميص بوجود الكلور ملائماً للمعالجة الأولية لتركيز القصدير نتيجة لقوة تآلف الشوائب الرئيسة مع الكلورة، ومع ذلك قد تظهر مشكلة كلورة القصدير التي قد تؤدي إلى تطايره على هيئة رابع كلوريد القصدير ($SnCl_4$) وثاني كلوريد القصدير ($SnCl_2$).

تستخدم طريقة التحميص الكلوري في تايلاند باستخدام أفران دوارة، وهذا يؤدي إلى تناقص كمية الرصاص والبزموث من ٢٪ إلى ٠,٠٤٪ ومن ٠,١٪ إلى ٠,٠٢٪ على التوالي.

يحتوي غبار مداخن التحميص على حوالي ١٠٪ زرنيخ، و٢٠٪ رصاص، ٣٪ قصدير، ٤٪ بزموث، وهذه الكميات المنطلقة بحد ذاتها تمثل مشكلة خطيرة على الصحة العامة والبيئة.

لقد ثبت أن وجود أكسيد الحديد يزيد من معدل التفاعل لتنقية وإنتاج القصدير، ويعزى ذلك إلى تكون كلوريد الحديد كناتج وسطي، الذي يتميز بعدم الثبات خصوصاً عند وجود أكسيد القصدير، مما يجعله عاملاً جيداً لفصل الحديد عن القصدير، أما كلوريد القصدير فإنه يتكون في جو إختزالي، أي بوجود الكربون أو أول أكسيد الكربون.

● الترشيح

تهدف عملية الترشيح (Leaching) في إنتاج القصدير إلى إزالة الشوائب الاعتيادية، وذلك بإذابتها في حامض كلوريد الهيدروجين بتركيز ٢٠٪، وعند درجة حرارة تتراوح ما بين ١٠٠-١١٠°م، على أن تستخدم أوعية تتميز بتحملها للضغط العالي ومقاومتها للاحماض ودرجات الحرارة العالية، وتصل سعتها إلى ٢٠طن.

ويمكن إعادة هذه الطريقة عدة مرات، كما يمكن إزالة المواد الصلبة بواسطة مرشحات التفريغ، أما الشوائب الذائبة فيمكن التخلص منها بالترسيب، ومع زيادة كفاءة هذه الطريقة إلا أن هناك عوامل قللت من إستخدامها في ترشيح القصدير إلا في أضيق الحدود، منها تكلفة المفاعلات المستخدمة، وحالة التحضير لها، وتكلفة عملية إسترداد حامض كلوريد الهيدروجين.

● الإختزال

تتم عملية الإختزال (Reduction) على مرحلتين، تعطي المرحلة الأولى نقاوة تصل إلى ٩٧٪، وخبث يمكن معالجته مرتين أو ثلاث تتراوح نسبة القصدير فيه من ٨٪ إلى ٣٥٪.

وتستخدم عدة أنواع من الأفران لهذه العملية منها الأفران الرأسية، والأفران العاكسة، وذلك لمعالجة الخامات ذات الدرجات المتدنية في محتواها من القصدير.

التنقية

يعد القصدير المحضر بطريقة الإختزال غير نقي بدرجة كافية لمعظم الإستخدامات. فمعظم المواصفات والمقاييس المحلية تضع حدوداً على أعلى نسبة من الشوائب، ومع ذلك تهمل الشوائب غيرالفلزية مثل الأكسجين والكبريت وبعض الشوائب غير الشائعة مثل الفلزات النفيسة، وتحدد نقاوة القصدير عالمياً بثلاث درجات تكون نسبة القصدير فيها ٩٩٪، و ٩٩,٧٥٪، و ٩٩,٩٪.

ومن الجدير بالذكر أن مستوى الشوائب في القصديرالخام هي التي تحدد مدى الحاجة إلى عملية التنقية (Refining)، فقد تعطي معالجة التراكيز النقية نقاوة تصل إلى ٩٩٪، ومن أهم الشوائب: فلزات الحديد، والزرنيخ، والأنتيمون، والنحاس، والنيكل، والرصاص، والبزموث، إضافة إلى المعادن النفيسة. علماً بأن هناك بعض الشوائب التي لا تحتاج إلى معالجة، خاصة إذا ما وجدت بتراكيز قليلة فإنه يتم التخلص منها جميعاً أثناء المراحل المختلفة لعملية التنقية. ومن أهم الشوائب التي يجب التخلص منها ما يلي:

* **الحديد:** وتتم إزالته بإمرار البخار أو الهواء في مصهور القصدير الخام فيتخثر الحديد العنصري ومركباته، وبالتالي يطفو على سطح المصهور، مما يسهل عملية إزالته بواسطة مرشحات معينة.

* **النحاس:** وتتم إزالته بعد إزالة الحديد بالتخثر، حيث تصبح نسبته حوالي ٠,٠١٪، عندئذ يمزج الكبريت النقي مع خام القصدير المصهور عند درجة حرارة تتراوح ما بين ٢٥٠-٣٠٠°م فتتكون رغوة من النحاس يمكن التخلص منها.

* **الزرنيخ:** وتتم إزالته من القصدير مع بعض النحاس، والنيكل، والمتبقي من الحديد عند درجة حرارة تتراوح ما بين ٣٥٠ إلى ٤٠٠°م.

* **الرصاص:** وتتم إزالته بتحويله إلى ثاني كلوريد الرصاص، وذلك بمعالجة القصدير المصهور بالكلور، أو بثاني كلوريد القصدير، أو برابع كلوريد القصدير، كما في المعادلة التالية:

$$SnCl_2 + Pb \longrightarrow PbCl_2 + Sn$$

* **الخارصين والألمنيوم:** ويمكن إزالتهما بنفس طريقة إزالة الرصاص.

* **البزموث:** وتتم إزالته بترسيبه كمركب فلز بيني (Intermetalic compound)، وذلك بإضافة الكالسيوم أو المغنيسيوم، أما الكميات المتبقية منه التي تصل إلى ٠,٠٦٪ - ٠,٠٠٣٪ فيمكن إزالتها بنفس طريقة إزالة الزرنيخ بإستخدام الألمنيوم، كما يمكن تحويل الكالسيوم والمغنيسيوم إلى كلوريدات ثم إزالتها.

إستخدامات القصدير

يتميز القصدير بصفات هامة ساعدت على إنتشار إستعماله منها:

١- إنخفاض درجة إنصهاره.
٢- ليونته.
٣- خصائص تبلل جيدة.
٤- قابليته لتكوين سبائك مع معظم الفلزات.
٥- المقاومة الجيدة للقصدير وسبائكه للتآكل.
٦- عدم تفاعله مع الأحماض العضوية الضعيفة.
٧- عدم سميته عندما يكون نقياً.

وقد حالت مقاومة القصدير الميكانيكية الضعيفة دون إستخدامه في الإنشاءآت، ومع ذلك أمكن إستخدامه بشكل واسع إما بصورته الفلزية النقية، أو على هيئة سبائك.

إستخدم فلز القصدير النقي في طلاء العلب المعدنية المصنوعة من الفولاذ المعدة لحفظ المواد الغذائية، وذلك لحمايتها من تأثير الأحماض العضوية الضعيفة الموجودة فيها. كما أن التغليف بطبقة رقيقة من القصدير يحمي كثيراً من المواد المصنوعة من الفولاذ أو البرونز (Brass)، مثل: مشابك الورق، والدبابيس، ودبابيس التدبيس، إضافة إلى أن كثيراً من الأواني المنزلية تطلى بالقصدير إما لحمايتها من الصدأ، أو لإعطائها منظراً جذاباً.

أيضاً يضاف القصدير بكميات قليلة إلى بعض المواد لتحسين خواصها، فمثلاً تزداد متانة وقوة تحمل الحديد الزهر (Cast-Iron) عندما يضاف إليه القصدير بنسبة ٠,١٪ مقارنة بالحديد الزهر العادي، ويضاف بكميات قليلة إلى بعض المنتوجات، مثل حشوات الأسنان وسبائك الطباعة، كما أن خلطه مع بعض العناصر يعطي مواداً مفيدة، مثل معاجين الأسنان المحتوية على الفلورايد لحماية الأسنان من التسوس ومنع تكون الجير عليها، ويمكن إضافته إلى بعض المواد المحتوية على الكربون مثل المبيدات الحشرية.

وقد أمكن تصليد القصدير وتقويته بإضافة بعض العناصر الفلزية لتكوين السبائك المختلفة، ومن أهم سبائك القصدير ما يلي:

* **القصدير ـ أنديوم**: وتستخدم في لحام المواد الفلزية ذات درجات الإنصهار المنخفضة، كما تستخدم في لحام الزجاج، حيث تعد من السبائك النادرة لهذا الغرض.

* **القصدير ـ أنتيمون**: تستخدم في صناعة مادة اللحام الطري، وعندما تحتوي السبيكة على نسبة أنتيمون تتراوح ما بين ٢٠ إلى ٤٠٪ فإنها تستخدم في صناعة قوالب الصب.

* **القصدير ـ زنك**: وتستخدم في صناعة اللحام الطري والتغليف الكهربائي عندما تحتوي على نسبة ٢٠-٢٥٪، وفي حماية الفولاذ من التآكل.

* **القصدير ـ فضة**: وتستخدم في اللحام الطري.



● إستخدام القصدير في حفظ علب الحديد من الصدأ.

* **القصدير ـ كادميوم**: وتستخدم في اللحام خاصة في المعدات الإليكترونية نظراً لخواصها الكهربية، إضافة إلى إستخدامها في صناعة سبائك اللحام الطرية ذات درجات الحرارة المنخفضة.

الأضرار الصحية للقصدير

يعد فلز القصدير غير سام، فمنذ العصور الوسطى والإنسان يستخدمه في الأواني المنزلية للأكل والشرب ولم تسجل أية حالات مرضية نتيجة لذلك، ولا شك أن وصول كميات كبيرة من أملاح القصدير إلى الجهاز الهضمي قد تسبب آلاماً، إلا أنها لا تذكر. كما أن القصدير يمكن أن ينتقل إلى الدم عن طريق الأمعاء.

يتميز القصدير بعمر نصف أحيائي (Biological half life) يتراوح مابين ١٠ إلى ٢٠ يوم عندما يصل إلى الأمعاء والكبد، بينما يتراوح ما بين ٤٠ إلى ١٠٠ يوم في العظام، ولم تعرف حالة تسمم بالقصدير، ولكن يؤدي إستنشاق كمية كبيرة من غبار القصدير أو أملاحه من قبل العاملين في المصانع إلى إلتهاب القصبة الهوائية، وفي الحالات الحادة تسبب أبخرة الفلز إرتفاع في درجات الحرارة مشابهة لتلك التي تنتج عن التعرض للخارصين.

تحدد كمية القصدير الضارة في المواد الغذائية المحفوظة بحدود معينة يجب عدم تجاوزها، لأن تجاوزها يسبب إعتلال الصحة والإسهال. فمثلاً الفواكه المحفوظه تتراوح الكمية المقبولة فيها من القصدير مابين ٢٥٠ إلى ٥٠٠ ملجم/كجم، أما بالنسبة للعصيرات المحفوظة فتتراوح ما بين ٥٠٠ إلى ١٠٠٠ ملجم/كجم، ولذلك تقوم المصانع الحالية بصقل علب القصدير المستخدمة في تعليب الخضار والفواكة لتقليل تركيز القصدير فيها إلى أقل من ٢٥٠ ملجم/كجم.

قد يسبب الحامض المتكون نتيجة للتحلل المائي لكلوريد القصدير حروقاً كيميائية، أما هيدريد القصدير فهو سام جداً، وله تأثير على الإنسان يشبه تماماً تأثير الزرنيخ.

تعد مركبات القصدير العضوية سامة جداً وتتفاوت كثيراً في تأثيراتها، ويمكنها أن تتحول ببطء إلى مركبات أخرى داخل جسم الكائن الحي، لذا فإن الأعراض السمية يمكن أن تتغير خلال فترة التشخيص.

يؤثر إبتلاع أو إمتصاص مركبات القصدير الألكيلية والأريلية على الجهاز العصبي المركزي (CNS)، مثل: المخ، والحبل الشوكي، والأعصاب، وقد يسبب القصدير تلفاً حاداً لمركز التنفس في المخ. أما مركبات القصديرالعضوية المتطايرة فتسبب الصداع المستمر، والاضطراب العنيف (يشبه الصرع)، والخدر (التنميل)، وعجز أو شلل في الجهاز التنفسي.

تسبب مركبات ثاني بيوتيل القصديرثنائي الكلور، وثلاثي بيوتيل القصدير أحادي الكلور ومثيلاتها من هاليدات القصديرالألكيلية إلتهابات وحروقاً للجلد وخصوصاً الأغشية المخاطية.

في حالة التسمم بمركبات القصدير العضوية فإن الفحص المستمر لفترة طويلة لوظائف الكبد والجهاز العصبي المركزي (CNS) يعد ضرورياً جداً.

الكروم

د. محمد شفيق الكتاني

تم اكتشاف فلز الكروم في الكروكوليت المعدني ($PbCrO_4$) في عام ١٧٩٧م، وتم عزله بواسطة اختزال الأكسيد باستخدام الكربون في عام ١٧٩٨م، وبعد نجاح الحصول عليه من الأكسيد طورت طريقة صناعية لإنتاج الكرومات بتحميص الكروميت ($FeCr_2O_4$) مع كربونات الصوديوم(Soda ash)، ومنها تم الحصول على الأكسيد. ومع بداية القرن التاسع بدأ إنتاج الفيروكروم (حديد، كروم)، والكروم بتقنيات مختلفة، حيث تم الحصول على الفيروكروم ـ على نطاق صناعي محدود ـ بتفاعل أكسيد الكروم (Cr_2O_3) مع الكربون في فرن كهربائي، بينما تم إنتاج الكروم بالاختزال الحراري لأكسيد الكروم بوساطة الألمنيوم و السيليكون.

يوجد الكروم في الطبيعة مختلطاً مع بعض الفلزات مثل الحديد والمنجنيز والألمنيوم والسيليكون، وبالرغم من وجوده في العديد من الخامات المعدنية إلا أن خام الكروميت كان ومازال هو المصدر التجاري السائد الذي يستخدم للحصول على الكروم.

الخواص الفيزيائية والكيميائية

الكروم عبارة عن فلز صلب مقاوم للتآكل عند درجة حرارة الغرفة، ولذا فهو يستخدم في عمليات الطلي (التلبيس) الكهربائي كطبقة واقية لبعض أنواع الفلزات، وهو قابل للذوبان في الأحماض اللاعضوية (المعدنية) غير المؤكسدة، مثل حامض كلوريد الهيدروجين وحامض الكبريت، إلا أنه غير قابل للذوبان في الماء الملكي البارد أو حامض النيتروجين. يتفاعل الكروم عند درجات حرارة مرتفعة مع الهالوجينات والسيليكون والبورون والنيتروجين والأكسجين والكربون، ويبين الجدول (١)، أهم الخواص الفيزيائية للكروم.

إنتاج الكروم

يتم الحصول على الكروم بثلاث طرق رئيسية هي:

● من الكروميت

يتم استخلاص الكروم النقي من الكروميت وفق الخطوات التالية:

(أ) تسخين خام الكروميت عند درجات حرارة مرتفعة ـ تتراوح بين ٦٠٠ إلى ٩٠٠°م ـ مع كربونات الصوديوم بوجود الهواء، حيث ينتج أحادي كرومات الصوديوم وفق التفاعل التالي:

$$4FeCr_2O_4 + 8Na_2CO_3 + 7O_2 \longrightarrow 8Na_2CrO_4 + 2Fe_2O_3 + 8CO_2$$

الخاصة الفيزيائية	القيم
الكتلة الذرية	٥١,٩٩٦١
العدد الذري	٢٤
درجة حرارة الانصهار	١٨٥٧°م
درجة حرارة الغليان	٢٦٧٢°م
الكثافة (عند الدرجة ٢٠°م)	٧,١٩ جم/سم٣
الحرارة النوعية (عند الدرجة ٢٥°م)	٢٣,٢٥جول/مول كلفن
الحرارة الكامنة للانصهار	١٦,٩٣ كيلوجول/مول
الحرارة اللاطية للتبخر عند درجة الغليان	٣٤٤,٣ كيلوجول/مول
المقاومية (Resistivity) عند الدرجة (٢٠°م)	١٢,٩x١٠^-٨ أوم. متر
الناقلية الحرارية (عند الدرجة ٢٠°م)	٦٧واط / متر /كلفن

● جدول (١) أهم الخواص الفيزيائية للكروم.

(ب) تحويل أحادي كرومات الصوديوم الناتج إلى ثنائي كرومات الصوديوم وذلك بتفاعله مع حامض الكبريت وفق التفاعل التالي:

$$2Na_2CrO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2Cr_2O_7 + Na_2SO_4 + H_2O$$

(ج) اختزال ثنائي كرومات الصوديوم إلى ثلاثي أكسيد الكروم بواسطة الكربون وفق المعادلة التالية:

$$Na_2Cr_2O_7 + 2C \longrightarrow Cr_2O_3 + Na_2CO_3 + CO$$

يلي ذلك فصل الأكسيد عن كربونات الصوديوم المتشكلة أثناء التفاعل.

(د) الحصول على فلز الكروم بواسطة اختزال ثلاثي أكسيد الكروم بطريقتين هما:

ـ الاختزال بالألمنيوم: وتجرى هذه العملية في مفاعل مبطن بأكسيد الألمنيوم، حيث يمزج أكسيد الكروم مع مسحوق الألمنيوم عالي النقاوة ويسخنا إما كهربائياً، أوبإشعال مزيج من مسحوق كلورات البوتاسيوم مع الألمنيوم، ويصاحب هذا التفاعل ـ طارد للحرارة ـ ارتفاع بدرجة الحرارة يصل إلى ٢٠٠٠°م، مما يساعد على فصل الخبث (Slag) عن فلز الكروم.



● خام الكروميت .

وتتم عـمليـة الاختـزال وتشكل فلز الكروم وفقاً للتفاعل التالي :

$$Cr_2O_3 + 2Al \longrightarrow Al_2O_3 + 2Cr$$

تعتمد نقاوة الكروم الناتج على نقاوة المواد المتفاعلة وبشكل خاص على نقاوة أكسيد الكروم ، ويتراوح أحياناً مردود الكروم في الطريقة الصناعية مابين ٨٥-٩٠٪ ، وبنقاوة ٩٧-٩٩٪ وزناً ، وتكون الشوائب المرافقة لفلز الكروم غالباً من السيليكون والألمنيوم والحديد.

- الاختزال بالكربون : ويتم بمزج ثلاثي أكسيد الكروم مع الكربون في الفرن بنسب معينة ، وتسخينهما إلى درجة حرارة تتراوح بين ١٢٧٥-١٤٠٠° ، عند ضغط ٤٠ باسكال (٠,٣مم . زئبق) ، وتستمر عملية التسخين حوالي ١٠٠ ساعة ، وتتم عملية الأختزال وفق التفاعل التالي :

$$Cr_2O_3 + 3C \longrightarrow 2Cr + 3CO$$

● التحليل الكهروكيميائي

يتم الحصول على الكروم من التحليل الكهروكيميائي، شكل (١) لمحاليل الكروم - الشبة (ألوم) - صناعياً وفق الخطوات التالية :

(أ) تحليل الفيروكروم - الناتج من اختزال الكروميت بالكربون - في مزيج من حامض الكبريت وكبريتات الأمونيوم.

(ب) فصل الحديد على شكل حديد - شبة $(NH_4Fe(SO_4)_2.12H_2O)$.

(ج) بلورة كروم - الشبة $\{NH_4Cr(SO_4)_2 . 12H_2O\}$.

(د) تحلل كروم - الشبة وتوضع كهربائي للكروم المعدني .

وتجرى عملية التحلل الكهربائي في خلية مجهزة بمهبط من الصلب المقاوم للصدأ ، حيث تتشكل عليه طبقة من الكروم بسماكة ٣-٦ مم تتم إزالتها في نهاية عملية التحليل .

● الاختزال الكهروكيميائي

يمكن الحصول على الكروم من الإختزال الكهروكيميائي لسداسي أكسيد الكروم وذلك في خلية مجهزة بمهبط من الصلب المقاوم للصدأ وبمصعد من الرصاص ، حيث تتم عملية التحليل في وجود محلول من رباعي أكسيد الكروم بتركيز ٣٠٠جرام/لتر بالإضافة إلى ١٪ من حامض الكبريت .

تستخدم طريقة الإختزال الكهروكيميائي لغرضين أساسيين هما الحصول على فلز الكروم وطلي المواد بهذا الفلز لأغراض الديكور.

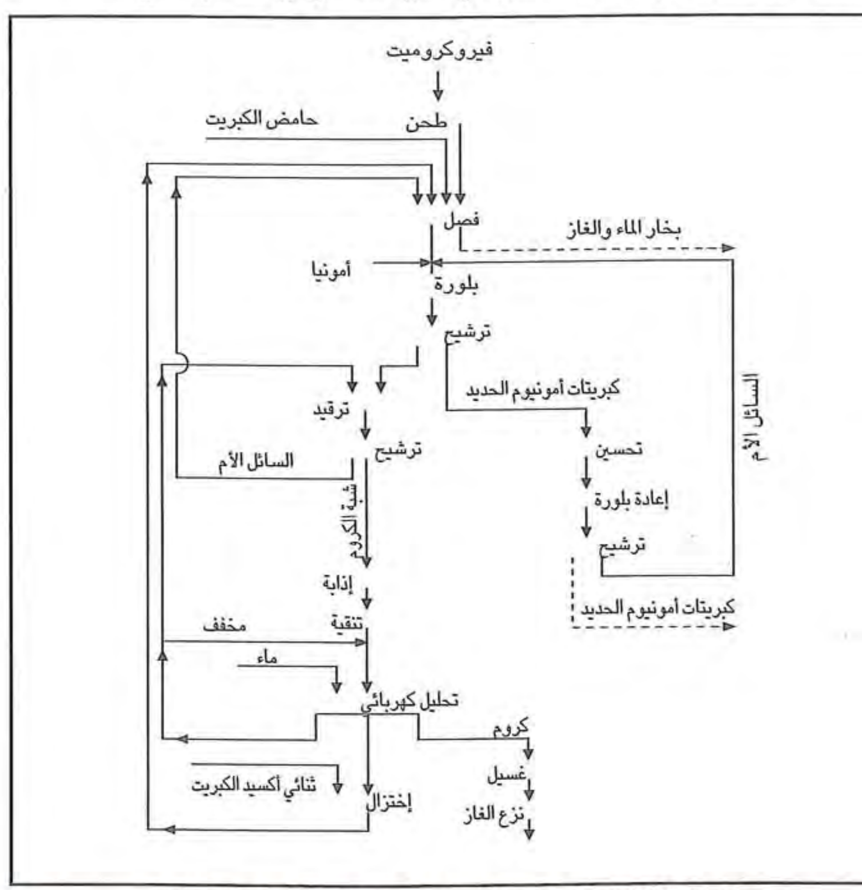
مركبات الكـــروم

يشكل الكروم عدة مركبات كيميائية صناعية هامة ، منها مايلي:

● أحادي كرومات الصوديوم

يتم تحضير أحادي كرومات الصوديوم (Na_2CrO_4) ، بالتحميص المؤكسد القلوي (Alkaline Oxidative Roasting) للكروميت عند درجات حرارة تتراوح مابين ١٠٠٠-١١٠٠°م بوجود كربونات الصوديوم وفقاً للتفاعل التالي:

$$4FeCr_2O_4 + 8Na_2CO_3 + 7O_2 \longrightarrow 8Na_2CrO_4 + 2Fe_2O_3 + 8CO_2$$



● شكل (١) إنتاج الكروم من الفيروكروميت بالتحليل الكهروكيميائي .

يمكن الاستعاضة جزئياً عن كربونات الصوديوم بهيدروكسيد الصوديوم ، وفي بعض الأحيان تستخدم كربونات الكالسيوم بالرغم من تشكل كرومات الكالسيوم السامة ، وتتحول الشوائب مثل عناصر الألمنيوم والسيليكون والفاناديوم المصاحبة للخامات أثناء التحميص إلى ألومينات وسيليكات وفانادات الصوديوم على التوالي .

وقبل إجراء عملية التحميص يطحن خام الكروم جيداً إلى حبيبات صغيرة قطر الواحدة منها حوالي ٠,٥مم ، كما تطحن أيضاً كربونات الصوديوم وتمزج معه .

يلي ذلك تحميص المزيج (خام الكروم وكربونات الصوديوم) في أفران دوّارة مبطنة بالآجر ، حيث يغذى الفرن بالمزيج بشكل تيار معاكس لغازات التسخين (زيت ثقيل أو غاز طبيعي أو مسحوق الليجنيت) ليتم أكسدة ثلاثي أكسيد الكروم ، إلى سداسي أكسيد الكروم ، والحديد الثنائي إلى الحديد الثلاثي وحرق مواد التسخين ، وذلك من خلال التحكم في تدفق الهواء إلى داخل الفرن بحيث تحتوي غازات العادم الناتجة على ١٢-١٦٪ حجماً من الأكسجين، وتستمر عملية تحميص المزيج في الفرن لمدة ٤ ساعات .

تحتوي نواتج التفاعل على أحادي كرومات الصوديوم بنسبة تصل إلى حوالي ٣٠٪ ، وبمردود يتراوح مابين ٧٥-٨٥٪ .

● ثنائي كرومات الصوديوم

تحتوي ثنائي كرومات الصوديوم ($Na_2Cr_2O_7$) على كمية أكبر من الكروم مقارنة بأحادي كرومات الصوديوم ، ولذا فإنه يسهل الحصول عليها بنقاوة أعلى.

يتم الحصول على ثنائي كرومات الصوديوم من أحادي كرومات الصوديوم، وذلك بتفاعله إما مع حامض الكبريت أو ثاني أكسيد الكربون ، وذلك على النحو التالي :

* **حامض الكبريت :** ويتم التفاعل بينه وبين أحادي كرومات الصوديوم وفق المعادلة التالية :

$$2Na_2CrO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2Cr_2O_7 + Na_2SO_4 + H_2O$$

وعند انتهاء التفاعل يُبخر محلول ثنائي كرومات الصوديوم الناتج إلى حوالي ٧٠٪ وزناً ، في حين تترسب وتُفصل معظم أو جميع كبريتات الصوديوم .

يستخدم محلول ثنائي كرومات الصوديوم الناتج إما كما هو في بعض الأحيان ، أو تستمر عملية تبخيره إلى أن يصل تركيزه إلى حوالي ١٦٠٠ جرام /لتر ، ثم يبرد إلى ٣٠-٤٠ْم ، فيتشكل على هيئة بلورات يتم فصلها بالترشيح باستخدام قوة الطرد المركزية .

يحتوي ثنائي كرومات الصوديوم الناتج على كبريتات الصوديوم كمنتج ثانوي يتم فصله في خطوة لاحقة .

* **ثاني أكسيد الكربون:** وتعد أكثر تعقيداً من طريقة حامض الكبريت ، وتتم بتفاعل بين أحادي كرومات الصوديوم وثاني أكسيد الكربون بوجود الماء ، وفق المعادلة التالية :

$$2Na_2CrO_4 + H_2O + 2CO_2 \longrightarrow Na_2Cr_2O_7 + 2NaHCO_3$$

وللحصول على مردود أعلى من ثنائي كرومات الصوديوم فإنه يجب إستخدام محلول أحادي كرومات الصوديوم بتركيز يتراوح بين ٨٠٠-٩٠٠جرام/لتر في سلسلة من المفاعلات الموصدة تحت ضغط يتراوح مابين ٧٠٠-١٥٠٠كيلو باسكال ، مع إضافة ثاني أكسيد الكربون على شكل غاز أو سائل في تيار معاكس لتيار الكرومات.

بعد ذلك تفصل كربونات هيدروجين الصوديوم ($NaHCO_3$) عن ثنائي كرومات الصوديوم وذلك بترشيحها إما مباشرة بعد تحرر الضغط لتجنب التفاعل المعاكس ، أو تحت ضغط معين . أما الجزء الباقي منها مع ثنائي كرومات الصوديوم فإنه يتم التخلص منه بتحويله إلى كربونات الصوديوم وذلك بطريقتين هما :

(أ) تحميص ثنائي كرومات الصوديوم - عند درجة حرارة ٢٠٠-٣٠٠ْم - وفق التفاعل التالي :

$$2NaHCO_3 \longrightarrow Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

(ب) تفاعل كربونات هيدروجين الصوديوم مع هيدروكسيد الصوديوم كما في التفاعل التالي :

$$NaHCO_3 + NaOH \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

ومن ثم يتم الحصول على نقاوة أعلى من ثنائي كرومات الصوديوم بخطوة أخرى .

● ثنائي كرومات البوتاسيوم والأمونيوم

يتم الحصول على ثنائي كرومات البوتاسيوم ($K_2Cr_2O_7$)



● مسحوق ومحلول ثنائي كرومات البوتاسيوم .

والأمـــونيـــوم $\{(NH_4)_2Cr_2O_7\}$ ، من تفاعل ثنائي كرومات الصوديوم مع أملاح كلوريد البوتاسيوم أو الأمونيوم وفق التفاعلين التاليين :

$$Na_2Cr_2O_7 + 2KCl \longrightarrow K_2Cr_2O_7 + 2NaCl$$

$$Na_2Cr_2O_7 + 2NH_4Cl \longrightarrow (NH_4)_2Cr_2O_7 + 2NaCl$$

ففي التفاعل الأول ـ على سبيل المثال ـ يمزج محلول من ثنائي كرومات الصوديوم (بتركيز يتراوح بين ٤٠٠ ـ ٤٥٠ جرام/لتر)، مع محلول من كلوريد البوتاسيوم (بتركيز ٢٠٠ جرام/لتر) ، وتسخين المزيج إلى درجة حرارة الغليان ، يرشح كلوريد الصوديوم المتشكل من المحلول الساخن ، ثم يبرد المحلول فتترسب كرومات البوتاسيوم .

● سداسي أكسيد الكروم

يتم الحصول على سداسي أكسيد الكروم (CrO_3) ـ يسمى أيضاً بحامض الكروميك ـ من تفاعل ثنائي كرومات الصوديوم ثنائية التميّه مع حامض الكبريت المركز وفق التفاعل التالي:

$$Na_2Cr_2O_7.2H_2O + 2H_2SO_4 \longrightarrow 2NaHSO_4 + 2CrO_3 + 3H_2O$$

يمكن أن يتم التفاعل السابق في محلول مائي مركز لكرومات الصوديوم ثنائية التميّه أو في حالتها المنصهرة . وفي الحالة الأخيرة تمزج كرومات الصوديوم مع حامض الكبريت ، مع إرسال المزيج إلى فرن تسخين دوّار حيث يتم فيه – على التوالي – تبخير الماء وانصهار كبريتات هيدروجين الصوديوم عند درجة حرارة ١٧٠م ، وانصهار سداسي أكسيد الكروم عند درجة حرارة ١٩٨م ، وتكون درجة الحرارة في هذه الحالة حرجة ، حيث يتفكك سداسي أكسيد الكروم عند درجات حرارة أعلى من ذلك . وبعد انتهاء التفاعل يتم فصل المزيج السائل في مرقد حيث يسحب سداسي أكسيد الكروم من الأسفل ويحول إلى مادة صلبة بالتبريد ، بينما تسحب كبريتات هيدروجين الصوديوم $(Na\ HSO_4)$ من الأعلى .

يذوب سداسي أكسيد الكروم في الماء بصورة جيدة مشكلاً حامض الكروميك ، الذي يستخدم لتنظيف الأدوات الزجاجية المخبرية.

يعد سداسي أكسيد الكروم عاملاً مؤكسداً قوياً حيث يتحول عند تسخينه إلى ثلاثي أكسيد الكروم مع تحرر غاز الهيدروجين وفق التفاعل التالي :

$$4CrO_3 \longrightarrow 2Cr_2O_3 + 3O_2$$

● ثلاثي أكسيد الكروم

ثلاثي أكسيد الكروم عبارة عن مادة صلبة خضراء داكنة اللون ، كما أنه يعد من الأكاسيد المترددة (Amphoteric) ، حيث تتفاعل مع الأحماض لتعطي أيونات الكروم، كما تتفاعل مع المحاليل القلوية المركزة لتعطي الكروميتات وذلك وفقاً للتفاعلين التاليين :

$$Cr_2O_3 + 6H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 3H_2O$$

$$Cr_2O_3 + 6(OH)^- + 3H_2O \longrightarrow 2Cr(OH)_6^{3-}$$

يتم الحصول على ثلاثي أكسيد الكروم بطريقتين هما :

(أ) اختزال ثنائي كرومات الصوديوم بمواد عضوية أو بالفحم أو الكبريت وفق تفاعلين طاردين للحرارة هما:

$$2Na_2Cr_2O_7 + 3C \longrightarrow 2Cr_2O_3 + 2Na_2CO_3 + CO_2$$

$$Na_2Cr_2O_7 + S \longrightarrow Cr_2O_3 + Na_2SO_4$$

ويجرى هذان التفاعلان بشكل مستمر في أفران خاصة ، وبعد انتهاء التفاعل يغسل المزيج الناتج بواسطة الماء ، لإزالة النواتج الذوابة ، ثم يرشح السائل ويجفف، للحصول على ثلاثي أكسيد الكروم الذي تصل نقاوته في هذه الحالة إلى ٩٩٪.

(ب) تفاعل ثنائي كرومات الصوديوم مع أملاح الأمونيوم مثل ، كلوريد الأمونيوم أو كبريتات الأمونيوم وفق المعادلة التالية :

$$Na_2Cr_2O_7 + 2NH_4Cl \longrightarrow 2NaCl + Cr_2O_3 + 4H_2O + N_2$$

● كبريتات الكروم

يمكن الحصول على كبريتات الكروم الأساسية $\{Cr(OH)SO_4\}$ من ثنائي كرومات الصوديوم بعدة طرق من أهمها مايلي:

(أ) كمنتج ثانوي من عملية أكسدة ثنائي كرومات الصوديوم بوجود الانثراسين ، كما في التفاعل التالي :

$$Na_2Cr_2O_7 + 3H_2SO_4 + \text{(anthracene)} \longrightarrow Na_2SO_4 + 2Cr(OH)SO_4 + 3H_2O + \text{(anthraquinone)}$$

(ب) اختزال ثنائي كرومات الصوديوم باستخدام المولاس (Molasses) وفقاً للمعادلة التالية :

$$8Na_2Cr_2O_7 + 24H_2SO_4 + C_{12}H_{22}O_{11} \longrightarrow 16Cr(OH)SO_4 + 8Na_2SO_4 + 12CO_2 + 22H_2O$$

(ج) إختزال ثنائي كرومات الصوديوم بواسطة ثاني أكسيد الكبريت، وذلك كما يلي:

$$Na_2Cr_2O_7 + 3SO_2 + H_2O \longrightarrow Na_2SO_4 + 2Cr(OH)SO_4$$

سبائك وسيرميتات الكروم

تعد سبائك وسيرميتات (Cermets) الكروم من أهم مركبات الكروم في المجال الصناعي ، ويمكن توضيحها على النحو التالي:ـ

● السبائك

يستخدم الكروم على شكل الفيروكروم في صناعة الفولاذ (Steel) ، كما يستخدم الكروم النقي المنتج من عمليات التحليل الكهربائي أو الاختزال الحراري – بواسطة الألمنيوم ـ في المواد السبائكية غير الحديدية ، ومن أكثر هذه السبائك شيوعاً هي نيكل الأساس وكوبالت الأساس ، التي يستخدم معظمها لأغراض معينة عند درجات حرارة مرتفعة.

توجد أيضاً سبائك الكروم الأساس التي تحتوى على ٥٠ ـ ٦٠٪ كروم والباقي عبارة عن نيكل ونيوبيوم أو تيتانيوم . وتستخدم مثل هذه السبائك في صناعة الأجزاء المعرضة لدرجات حرارة عالية في الصناعات الكيميائية والبتروكيميائية ، كما أن لها استخدامات هامة في محطات توليد الكهرباء مثل دواعم أنابيب التبادل الحراري ، ومكونات في محركات التوربينات الغازية ، وقطع لتطبيقات معينة.

مقاومة لدرجات حرارة مرتفعة والأكسدة والتآكل الساخن .

ومن أهم السبائك الكرومية الأخرى مايلي:

(أ) نيكل ـ كروم : وتتميز بمقاومة كهربائية نوعية عالية ، ومقاومة جيدة للأكسدة ، ومن أفضل أنواع هذه السبائك هي تلك التي تحتوي على ٢٠٪ كروم ، ومن أشهرها السبيكة التجارية نيكروم التي تتكون من ٧٨٪ نيكل ، ٢٠٪ كروم ، ١,٥٪ سيليكون ، و ٠,١٪ كالسيوم ، و ٠,٥٪ سيزيوم .

(ب) نيكل ـ حديد ـ كروم : وتتميز بمقاومة جيدة للتآكل ، والاحتفاظ بخواص ميكانيكية جيدة عند درجات الحرارة العالية، ومن أهم هذه السبائك هي سبيكة الأنكونيل (٦٠٠)، وتتركب من ٧٦٪ نيكل ، و ٧٪ حديد ، و١٦٪ كروم .

تستخدم السبيكتان السابقتان في عدة تطبيقات صناعية هامة في الصناعات البتروكيميائية ، والعمليات الكيميائية ، والمعالجة الحرارية .

(ج) كوبالت ـ كروم : وتتراوح نسبة الكروم بها بين ٢٥ـ٣٠٪ وتتميز بمقاومة عالية للتآكل ، وصلادة مرتفعة عند درجات الحرارة العالية (٧٠٠ـ٨٠٠°م) ، كما أنها تتميز بمقاومة جيدة للتحات الميكانيكي .

تستخدم سبائك الكوبالت ـ كروم في صناعة زعانف محركات الطائرات والتربينات العادية ، وكمادة مغلفة لحلقات العادم في محركات الطائرات ، وفي مكونات الأفران وأجهزة المعالجة الحرارية، وبعض مكونات الغلايات وأوعية التفاعل.

(د) سبائك الكروم ـ نحاس : حيث تضاف كميات سبائكية من الكروم إلى النحاس تتراوح مابين ٠,٣٪ – ١,٢٪ وذلك لإكسابه مقاومة شد عالية . وتستخدم مثل هذه الأنواع من السبائك في بعض الصناعات مثل رؤس المساري لأغراض اللحام في صناعة السيارات ، وأجزاء التماس الدوارة ، والحلقات ، وبعض التطبيقات الكهربائية الأخرى .



● إستخدام مركبات الكروم في الصناعات الجلدية .

(هـ) المطاوعات الألومينية (Wraught Alminium): وتحتوي على كميات قليلة جداً من الكروم (٠,١ ـ ٠,٣٪) بالإضافة إلى عناصر سبائكية أخرى مثل المغنيسيوم والمنجنيز ، وكذلك سبائك الصب الألومينية التي تحتوي على (٠,٠٥ـ٠,٤٪) من الكروم ، وفي كلا النوعين السابقين من هذه السبائك يستخدم الكروم لمقاومة التآكل ولتحسين الخواص الفيزيائية لهما .

● السيرميتات

تقسم السيرميتات ـ أنظمة من الخزف وفلز الكروم ـ إلى ثلاثة أنواع هي:

١ـ سيرميت (LT-1) ويحتوي على ٧٧٪ كروم ، و٢٣٪ أكسيد ألمنيوم (الألومينا).

٢ـ السيرميت (LT-1B) ويحتوى على ٥٩٪ كروم ، و١٩٪ أكسيد ألمنيوم ، و٢٠٪ موليبدنوم ، و٢٪ أكسيد تيتانيوم.

٣ـ السيرميت (LT-2) ويحتوي على ٢٥٪ كروم ، و١٥٪ أكسيد ألمنيوم و٦٠٪ تنجستين.

تتميز الأنواع السابقة من السيرميتات ـ بصفة عامة ـ بثبات حراري ، ومقاومة للتآكل عاليين جداً ، إلا أن كلاً من (LT-1) و (LT-1B) يتمتعان بمقاومة سحق عالية (Creep Resistance) عند درجات حرارة تصل إلى ١٢٠٠°م ، ولذا فإنهما يستخدمان في صناعة أنابيب المزدوجات الحرارية ، وبوتقات الأفران ، والقطع المكوكية (Shuttles) المستخدمة في صناعة النسيج، والأنابيب الغازية ، وحلقات التوربينات الغازية ، بينما يستخدم السيرميت (LT-2) ، لصناعة بعض قطع مضخات حامض الكبريت وقوالب الصب ، وفوهات الأنابيب .

استخدامات الكروم ومركباته

مما سبق يتضح أن للكروم ومركباته عدة استخدامات صناعية هامة يمكن تلخيصها فيما يلي :

- السبائك الحديدية وغير الحديدية.
- الأصباغ التي تستخدم في الدهانات والأحبار.
- دباغة الجلود.
- معالجة المياه (مانع للتآكل).
- مثبطات للتآكل الفلزي.
- الطلي (التلبيس) الكرومي.
- مسحوق التنعيم والتلميع.
- طين حفر آبار الزيت.
- أشرطة لحام الالكترودات.
- مهابط أنابيب الأشعة السينية.
- عمليات النزع الأيوني تحت الفراغ.



المنجنيز (Mn) عنصر كيميائي فلزي أشتق اسمه من اسم المعدن الذي حضر منه، وهو حجر المنجنيز، وقد عرفت بعض معادن المنجنيز منذ العصور القديمة حيث استخدم قدماء المصريين والرومان البيرولوسيت (Pyrolusite) - ثاني أكسيد المنجنيز (MnO_2) - في صناعة الزجاج والخزفيات ليعطيها لوناً بنفسجياً.

أكتشف المنجنيز عام ١٧٧٤م بواسطة السويدي **جاهن (J. Gahn)** الذي حضره باختزال أكسيده بواسطة الفحم، ويوجد المنجنيز بوفرة في أماكن كثيرة من القشرة الارضية متحداً مع عناصر كيميائية أخرى تشكل خاماته، والمنجنيز عنصر ضروري للنبات والحيوان حيث أنها تحتاج لكميات بسيطة منه، ويؤثر نقصه في النبات على إنتاج الكلوروفيل (اليخضور) مما يؤدي لاصفراره، بينما يسبب نقصه في الإنسان والحيوان اختلال في النمو ويصاحب ذلك العديد من تشوهات العظام والجهاز العصبي المركزي. فضلاً عن أن المنجنيز يمثل عنصراً أساسياً في صناعة الصلب حيث يستخدم في صناعة قضبان السكك الحديدية وآلات ومعدات تقطيع الصخور وغيرها.

الخواص الفيزيائية والكيميائية

المنجنيز فلز صلب لدرجة أنه يخدش الزجاج، وهو متقصف رمادي - فضي اللون،ويقع في المجموعة السابعة والدورة الرابعة للعناصر الإنتقالية في الجدول الدوري، وله نظير مستقر هو المنجنيز ٥٥ (^{55}Mn)

يبلغ العدد الذري للمنجنيز ٢٥، ووزنه الذري ٥٤,٩٥، ودرجة انصهاره ١٢٤٤°م، ودرجة غليانه ٢٠٩٥°م، وكثافته ٧,٤٤جم/سم٣ عند ٢٥°م، وتصل حرارته النوعية إلى ٠,٤٧٧ جول/جم/كلفن عند ٢٥°م.

يوجد المنجنيز في أربع حالات - تسمى المتأصلات (Allotropes) - تختلف في خواصها وهي حالات α، β، γ، δ، إلا أن منجنيز (α) هو الثابت عند درجة حرارة الغرفة، ويأخذ حالات الأكسدة من +١ إلى +٧، وتعد الحالة +٢ الأكثر ثباتاً في الوسط الحامضي يليها +٤ في الوسط القاعدي، أما الحالتين +٥ ،و +٦ فيكون فيهما المنجنيز مؤكسدا.

يتفاعل المنجنيز ببطء مع الماء عند درجة الحرارة العادية، أما عند تسخينه فإنه يتفاعل معها بسرعة محرراً غاز الهيدروجين، كما يتفاعل بشدة مع الأحماض المخففة مطلقاً الهيدروجين ومكوناً أملاح الأيون (Mn^{2+})، ويتأكسد في الهواء بسهولة وهو في حالة مسحوق. أما إذا كان في حالة كتلة متراصة فإن طبقة الأكسيد الخارجية المشكلة تقي الفلز من استمرار الأكسدة حتى بالتسخين.

يتفاعل المنجنيز مباشرة مع الهالوجينات بشدة مكوناً الهاليدات (MnX_2)،وهي بلورات وردية اللون - في الحالة اللامائية - قابلة للذوبان بشكل جيد في الماء ماعدا (MnF_2)، ويتفاعل المجنيز مع اللافلزات مثل الأكسجين،والكبريت،والفسفور،والسيليكون، والبور،والزرنيخ عند درجات الحرارة العادية، إلا أنه يتفاعل معها بشدة عند درجات الحرارة العالية، كما يتفاعل مع النيتروجين بوجود الحرارة مكونا النيتريد، لذا تستخدم هذه الخاصية لإزالة الكبريت ومنع أكسدة الفلزات.

المنجنيز في الطبيعة

يعد المنجنيز من أكثر عناصر القشرة الأرضية انتشاراً حيث تبلغ نسبة وجوده ٠,١٪ من وزن القشرة الأرضية، وترتيبه الثاني عشر فيها. ويوجد المنجنيز في الطبيعة على شكل خامات معدنية يوضحها الجدول (١).

توجد معظم خامات المنجنيز مع خام الحديد، ونظراً لوجود كميات كبيرة منه في الطبيعة فإنه يعد خاماً ذا قيمة أقتصادية كبيرة. ويسمى الخام المحتوي على ٥-١٠٪ من المنجنيز بالخام الفيرّي منجنيز (Mangani Ferrous Ore)، بينما يسمى الخام المحتوي على ١٠-٣٥٪ بالفيرّو منجنيز (Ferroginous Manganese Ore)، أما الذي يحتوي على أكثر من ٣٥٪ من المنجنيز فيعرف بخام المنجنيز (Manganese Ore).

يحتوي خام المنجنيز على شوائب مختلفة منها الفلزية (مثل الحديد، والزنك، والنحاس)، والصخرية (مثل السيليكا، والألومينا، والجير، والمغنيسيا)، والمواد

الخام	الصيغة	الكثافة النوعية	المنجنيز (٪)
بيروليوسيت	MnO_2	٤,٨	٦٣,٢
بسيلوميلان	$MnO_2 . Na_2O . K_2O . BaO . XH_2O$	٤,٧ - ٣,٧	٦٠ - ٤٥
منجنيت	$Mn_2O_3 . H_2O$	٤,٤ - ٤,٢	٦٢,٤
براونيت	$3Mn_2O_3 . MnSiO_3$	٤,٨	٦٢
هاوسمانيت	Mn_3O_4	٤,٨	٧٢
رودوكروسيت	$(Mn,Fe,Ca,Mg)CO_3$	-	٤٧
رودونيت	$MnSiO_3$	-	٤٢
بيمنتيت	$MnSiO_3 . XH_2O$	-	٣١

● جدول (١) الخامات المعدنية للمنجنيز.

المتطايرة (مثل الماء وثاني أكسيد الكربون) واللافلزية (مثل الكبريت والفسفور والزرنيخ).

يوجد المنجنيز بكمية كبيرة في جمهورية جنوب أفريقيا ، والإتحاد السوفيتي سابقاً ، والجابون ، وأستراليا ، والبرازيل ، ويعد حقل كالاهاري (جنوب أفريقيا) أكبر حقل لخامات المنجنيز حيث يحتوي على ٧٨٪ من الإحتياطي العالمي على الارض . وتوجد كميات ضخمة من المنجنيز في قاع المحيطات والبحار تسمى بالدرنات (العقيدات) على شكل كتل مستديرة تصل نسبة المنجنيز فيها إلى حوالي ٥٠٪ .

توجد خامات المنجنيز في المملكة العربية السعودية في مواقع متعددة في المنطقة الغربية مثل الخنيقية والشعيب وأم الجم، وعلى ساحل البحر الأحمر حيث يوجد معظمه على هيئة أكسيد المنجنيز ولكن بكميات ونوعيات غير قابلة للاستثمار .

إنتاج المنجنيز

ينتج المنجنيز تجارياً من خاماته في صورة أكاسيد حيث تتم معالجة الخام للحصول على أكسيد المنجنيز الذي يعالج بطرق مختلفة لاستخلاص الفلز منه. ومن أهم طرق الحصول على المنجنيز مايلي :-

● التحليل الكهروكيميائي

تعد طريقة التحليل الكهروكيميائي لأملاح المنجنيز المائية من أفضل الطرق - اقتصادياً - للحصول على المنجنيز النقي حيث تصل نقاوة الفلز المحضر بهذه الطريقة إلى ٩٩,٤٪ ، ويستخدم لذلك خامات تحتوي على نسبة عالية من أكسيد المنجنيز .

تتم طريقة التحليل الكهروكيميائي من خلال الخطوات التالية :-

١- تحميص (Roasting) خام المنجنيز عند درجة حرارة تتراوح بين ٥٨٠-١٠٠٠°م بوجود مواد مختزلة مثل الفحم ، والغاز الطبيعي وذلك لتحويل أكاسيد المنجنيز ذات عدد الأكسدة المرتفع إلى أكسيد المنجنيز ، واختزال الحديد إلى الحديد الثنائي ، وفي بعض الحالات إلى فلز الحديد .

٢- إذابة الخام المختزل في حامض الكبريت للحصول على محلول كبريتات المنجنيز ($MnSO_4$)، وفق المعادلة التالية

$$MnO + H_2SO_4 \longrightarrow MnSO_4 . H_2O$$

٣- معادلة المحلول الحامضي - الناتج من الخطوة السابقة - بإضافة الأمونيا وذلك للتخلص من الحديد و الألمنيوم حيث يتم ترسيبهما في صورة أكاسيد (أكسيد الحديد، وأكسيد الألمنيوم) يمكن إزالتهما بالترشيح.

٤- إمرار غاز كبريتيد الهيدروجين في المحلول لترسيب الشوائب الفلزية (مثل الزرنيخ والنحاس والخارصين والرصاص والكوبلت والموليبدنوم) على شكل كبريتيدات يتم فصلها .

٥- معالجة المحلول بكبريتيد الحديد الثنائي والهواء لإزالة الكبريت الغروي ، وكبريتيدات الفلزات الغروية والمواد العضوية ،

٦- التحليل الكهروكيميائي لمحلول كبريتات المنجنيز النقية باستعمال خلايا ذات فتحات (Diaphragmes) ، تصنع فيها المصاعد (Anodes) من الرصاص مع ١٪ فضة ، والمهابط (Cathodes) من الفولاذ الذي يحتوي على ١٨٪ من الكروم ، و ١٢٪ من النيكل ، و ٢٪ من الموليبدنوم .

تعمل الخلايا عند ٤٠°م حيث يتجمع المنجنيز النقي- مع بعض الشوائب مثل الهيدروجين (٠,٠١٥٪) ، و الكبريت بنسبة (٠,٠٣٪) وغيرهما - على المهابط على شكل طبقات تتم إزالتها عندما يتراوح سمك الطبقة بين واحد إلى أربعة مليمترات.

● الاختزال الحراري بالسيليكون

يتم الاختزال الحراري بالسيليكون (Silicothermic Process) لمصهور خام المنجنيز - المحتوي على تركيز منخفض من الحديد - أو خبث المنجنيز المركز وذلك بتفاعل الخام مع سبيكة المنجنيز السيليكوني في وجود أكسيد الكالسيوم حيث يختزل السيليكون - الموجود في السبيكة - أكسيد المنجنيز في المصهور إلى فلز المنجنيز بنسبة نقاوة تتراوح بين ٩٣٪ إلى ٩٧٪ وفقاً للمعادلة التالية :-

$$2 MnO + Si \longrightarrow SiO_2 + 2Mn$$

● تقطير المنجنيز الحديدي

يمكن الحصول على المنجنيز بتقطير المنجنيز الحديدي (Distillation of Ferromanganese) تحت الفراغ عند درجة حرارة تتراوح بين ١٢٠٠ إلى ١٣٥٠°م ، ولاتستخدم هذه العملية لانتاج المنجنيز في الصناعة حيث أن نوعية المنجنيز الناتجة رديئة مقارنة بالطرق الإكتروليتية الأخرى .

● الاختزال الحراري بالألمنيوم

يمكن إنتاج المنجنيز بوساطة الاختزال الحراري لأكاسيده بالألمنيوم حيث أن العنصر الأكثر فعالية يحرر العنصر الأقل فعالية من أكاسيده وذلك كالتالي :-

$$3MnO_2 + 4 Al \longrightarrow 3Mn + 2Al_2O_3$$

$$Mn_2O_3 + 2Al \longrightarrow 2Mn + Al_2O_3$$

$$3Mn_3O_4 + 8Al \longrightarrow 9Mn + 4Al_2O_3$$

$$3MnO + 2Al \longrightarrow 3Mn + Al_2O_3$$

مركبات المنجنيز

تأخذ مركبات المنجنيز حالات الأكسدة من+1 إلى+7 وأهمها هي الحالات +٢،+٤،+٧ .

ويعد المنجنيز الثنائي الأكثر ثباتاً خاصة في الأوساط الحامضيه والمتعادلة يليه المنجنيز الرباعي (MnO_2) في الأحماض والقواعد المتوسطة ، بينما يُظهر المنجنيز السباعي ثباتيه عالية عند الرقم الهيدروجيني ٧.

يشكل المنجنيز عدة مركبات أهمها مايلي :-

● أكاسيد المنجنيز

تنقسم أكاسيد المنجنيز إلى ستة أنواع أهمها ما يلي:

* **ثاني أكسيد المنجنيز (MnO_2)** :ويعد من أكثر مركبات المنجنيز انتشاراً وأكثرها أهمية ويسمى الخام الحاوي عليه البيرولوسيت (Pyrolusite) ، ويبلغ وزنه الجزيئي ٦٨,٩٣ ، ولونه أسود - بني ، ولا يذوب في الماء ، وعند تسخينها إلى أكثر من ٥٠٠°م فإنه يحرر الأكسجين ، بينما يتحول عند ٦٠٠°م تقريباً إلى مادة مؤكسدة يتم اختزاله من +٤ إلى +٣ أو +٢ . وعلى سبيل المثال فإن ثاني أكسيد المنجنيز في الوسط الحامضي يؤكسد أيونات الكلوريد

إلى الكلور ، والحديد الثنائي إلى الثلاثي ، وأول أكسيد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون ، بينما يتأكسد (MnO_2) إلى مركبات المنجنيز خماسيه وسداسيه التكافوء في وجود وسط قلوي قوي .

ينتج ثاني أكسيد المنجنيز بعدة أصناف من النقاوة – تبعاً لاستخدام المنتج النهائي له– أهمها نوعان هما:–

*** ثاني أكسيد المنجنيز الكيميائي- (Chemical Manganese Dioxide - CMD) :** ويتركب كيميائياً من ٩٠٪ وزناً (MnO_2) ، و ٢٪ وزناً ماء ، وكميات قليلة من أكاسيد المنجنيز ، وشوائب لاتتجاوز ٠,٠٠١٪ وزناً مثل الكوبالت والنيكل والموليبدنوم .

يتم إنتاج ثاني أكسيد المنجنيز الكيميائي من خاماته بطريقة كيميائية ، شكل (١) ، على عدةخطوات هي :–

١– جرش الخام للحصول على حصوات بأحجام مناسبة ، تجفف ثم تطحن إلى مسحوق يتم اختزاله إلى أكسيد المنجنيز (MnO) وذلك باستخدام وقود من الزيت الثقيل عند درجة حرارة ٩٠٠°م .

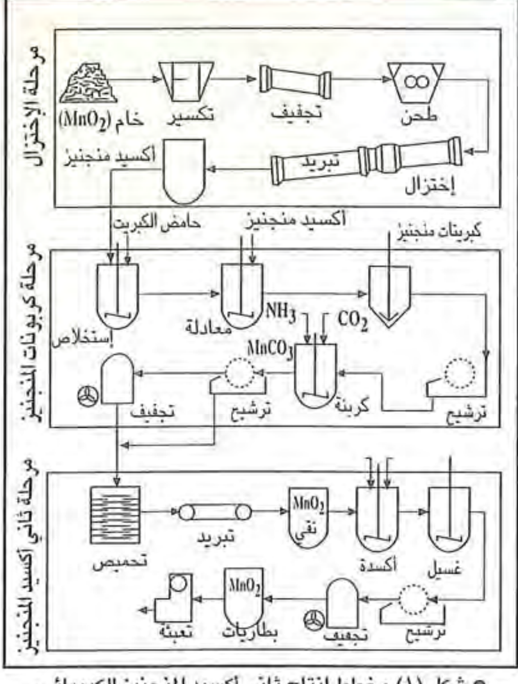
٢– تبريد ومعالجة أكسيد المنجنيز بحامض الكبريت حيث يتكون محلول كبريتات المنجنيز ($MnSO_4$) .

٣– معادلة ($MnSO_4$) بإضافة أكسيد المنجنيز بحذر وذلك لترسيب شوائب المعادن الثقيلة .

٤– معالجة المحلول باستخدام كربونات الأمونيوم (الأمونيا وثاني أكسيد الكربون) وذلك لترسيب كربونات المنجنيز ($MnCO_3$)،وكبريتات الأمونيوم.

٥– فصل و تجفيف وتحميص كربونات المنجنيز بوجود الهواء عند درجة حرارة ٣٢٠°م، ثم معالجتها بهيبوكلورات الصوديوم ($NaClO_3$) في وجود حامض الكبريت وذلك لإتمام عملية الأكسدة إلى (MnO_2) .

٦– غسل وتنقية وتجفيف (MnO_2)، وذلك لإستخدامه في عدة صناعات أهمها صناعة البطاريات الجافة .



● شكل (١) مخطط إنتاج ثاني أكسيد المنجنيز الكيميائي.

*** ثاني أكسيد المنجنيز الإليكترولتي (Electrolytic Manganese Dioxide -EMD):** ويستخدم في صناعة الخلايا الجافه حيث تتميز البطاريات المصنعة منه بأداء عال ، كما يستخدم في صناعة المواد الألكتروليتية .

يحضر ثاني أكسيد المنجنيزالإلكتروليتي كهروكيميائياً على أربع خطوات هي :–

١– إختزال خام ثاني أكسيد المنجنيز بعد تجفيفه وطحنه إلى أكسيد المنجنيز.

٢– معاملة أكسيد المنجنيزبحامض الكبريت حيث يتكون محلول كبريتات المنجنيز الحامضي الذي تتم تنقيته بالأكسدة بواسطة (MnO_2).

٣–معادلة المحلول الناتج – يتراوح الرقم الهيدرجيني بين ٤إلى٦ – وذلك لترسيب أيونات المعادن الثقيلة مثل الحديد ، والرصاص ، والنيكل ، والكوبالت .ويمكن إضافة كبريتيد الهيدروجين للمحلول لزيادة فعالية تنقيته .

٤– التحليل الكهربائي لكبريتات المنجنيز عند درجة حرارة تتراوح بين ٩٠ إلى ٩٨°م حيث يترسب ثاني أكسيد المنجنيز على المصعد وذلك على النحو التالي :–

$$Mn^{2+} + 2H_2O \longrightarrow MnO_2 + 4H^+ + 2e^-$$
$$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$$
$$Mn^{2+} + 2H_2O \longrightarrow MnO_2 + 2H^+ + H_2$$

٣– إزالة (MnO_2) ميكانيكيا ثم تكسيره وغسله بالماء الحار وتجفيفه وطحنه إلى الحجم المطلوب ، ثم إضافة الماء وضبط الرقم الهيدروجيني بين ٦,٥–٧ بواسطة مادة قلوية. يُغسل المنتج عدة مرات ويجفف عند درجة حراره ٨٥°م ليكون جاهزاً للاستعمال .

يحتوي (MnO_2) المحضر بهذه الطريقه على ثاني أكسيد المنجنيز (٩١٪) ، وماء (٣–٥٪) ، وكبريتات (١,٣٪)، وحديد (٠,٠٢٪) ، وتراكيز أقل من ٠,٠٠١٪ من الرصاص والنحاس والكوبالت ، وكميات قليلة من أكاسيد المنجنيز .الأخرى.

*** أحادي أكسيد المنجنيز (MnO) :** ويوجد في الطبيعة على شكل منجانوسيت معدني، ولونه أخضر مائل إلى الرمادي أو الأخضر الغامق، و غيرقابل للذوبان في الماء ، ومتوسط الثباتية في الهواء ،ووزنه الجزيئي ٧٠,٩٤ ، وكثافته ٥,٣٧ جم/سم٣ ، ودرجة إنصهاره ١٩٤٥°م ، ويتفاعل مع أكسجين الهواء الجوي عند درجة حرارة الغرفة مكونا (Mn_3O_4).

يتم تحضير (MnO) بطريقتين هما:

(أ) إختزال ثاني أكسيد المنجنيز بالكربون عند درجة حرارة تتراوح بين ٤٠٠إلى ٨٠٠°م وفقا للمعادلة التالية :

$$MnO_2 + C \longrightarrow MnO + CO$$

تجري عملية الإختزال في أفران دوارة ، ويبرد أكسيد المنجنيز الناتج في غاز خامل وذلك لتجنب إعادة أكسدته مرة ثانية .

(ب) إختزال أملاح المنجنيز(مثل كربونات أو نترات المنجنيز [$Mn(NO_3)_2.6H_2O$] بواسطة الهيدروجين عند درجات حرارة أقل من ١٢٠٠°م .وذلك كما يلي :

$$Mn(NO_3)_2 + H_2 \longrightarrow MnO + 2NO_2 + H_2O$$

يستخدم أكسيد المنجنيز كمادة أولية للحصول على أملاح المنجنيز ، كما أنه يدخل في صناعة الأسمدة ، والأغذية الحيوانية . بينما يستخدم النقي منه في صناعة الخزف ، وقضبان اللحام ، والمواد الكيميائية ذات النقاوة العالية .

*** ثلاثي أكسيد المنجنيز (Mn_2O_3) :** ويستخدم في تحضير المواد الإلكتروليتية ، وأشباه الموصلات .ويبلغ وزنه الجزيئي

١٥٧,٩، وكثافته ٤,٨٩جم/سم٣ ويتفكك عند درجة حرارة أعلى من ٩٠٠ْم .

ينتج ثلاثي أكسيد المنجنيز صناعياً بتكليس ثاني أكسيد المنجنيز عند درجة حرارة ٥٠٠-٦٠٠ْم وفقا للتفاعل التالي:

$$2MnO_2 \xrightarrow{500\text{-}600\ C^{\circ}} Mn_2O_3 + 1/2O_2$$

* **ثنائي وثلاثي أكسيد المنجنيز (Mn_3O_4)** : وهو عبارة عن جزيئين من أكسيد المنجنيز، وجزيء ثاني أكسيد المنجنيز، ($2MnO.MnO_2$) ويوجد في الطبيعة على شكل خام الهسمانيت (Hausmanite)، ووزنه الجزيئي ٢٢٨,٨، ودرجة انصهاره ١٥٦٢ْم، وكثافته ٤,٨جم/سم٣ .

ينتج (Mn_3O_4) بتسخين أكاسيد المنجنيز الأخرى في الهواء لدرجة حرارة أعلى من ٩٠٠ْم كما يتضح من المعادلة الآتية:

$$3MnO_2 \xrightarrow{900C^{\circ}} Mn_3O_4 + O_2$$

ويحضر النقي منه بأكسدة المعلق المائي لمسحوق المنجنيز في الهواء عند درجة حرارة ٣٠-١٠٠ْم بوجود أملاح الأمونيوم

يستخدم (Mn_3O_4) كمادة أولية لإنتاج المنجنيز بواسطة طريقة الألمنيو الحرارية ،بينما يستخدم النقي منه في صناعة المواد المغناطيسية ، وأنصاف النواقل ،و الخزف.

مركبات حالات الأكسدة العليا للمنجنيز

هناك عدة مركبات لحالات الأكسدة العليا للمنجنيز من أهمها:-

* **برمنجنات البوتاسيوم ($KMnO_4$)** : وهي عبارة عن بلورات ذي لون بنفسجي غامق ، تذوب في بعض الذيبات العضوية مثل الأسيتون والميثانول ، ووزنها الجزيئي ١٥٨، وكثافتها ٢,٧جم/سم٣ ، وتتفكك عند درجة حرارة أعلى من ٢٠٠ْم محررة الأكسجين وذلك وفق التفاعل التالي:

$$2KMnO_4 \longrightarrow K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$$

تعد برمنجنات البوتاسيوم من أكثر مركبات المنجنيز أهمية في الصناعة، ومختبرات البحوث العلمية .

- منجنات البوتاسيوم (K_2MnO_4) : وهي عبارة عن بلورات خضراء اللون وزنها الجزيئي ١٩٧ ، وكثافتها ٢,٧جم/سم٣، وتتفكك عند درجة حرارة ٦٤٠-٦٨٠ْم .

يتم الحصول علي منجنات البوتاسيوم بطريقتين هما :

(أ)صهر ثاني أكسيد المنجنيز مع هيدروكسيد البوتاسيوم في وجود الهواء وفق التفاعل التالي:

$$2\,MnO_2 + 4KOH + O_2 \longrightarrow 2\,K_2MnO_4 + 2H_2O$$

(ب) أكسدة المنجنيز ثنائي التكافؤ وذلك بصهر مركباته مع نترات البوتاسيوم وهيدركسيد البوتاسيوم .

يستخدم معظم إنتاج منجنات البوتاسيوم في تصنيع برمنجنات البوتاسيوم ، كما أنها تستخدم في المعالجة السطحية لفلز المغنيسيوم ، وكمادة مؤكسدة في الاصطناع العضوي وإزالة الشوائب من الكحولات الأليفاتية المنخفضة ، وتنقية الغازات ، وفي إنتاج مياه الشرب ، وتنقية محاليل كبريتات الزنك ، وذلك لاستخدامها في التحليل الكهربائي.

* **برمنجنات الصوديوم ($NaMnO_4.H_2O$)**: وهي عبارة عن بلورات وزنها الجزيئي ١٩٥,٩، وكثافتها ١,٩٧٢ جم/سم٣، ودرجة انصهارها ٣٦ْم، وقابلة للذوبان في الماء حيث تبلغ ذوبانيتها ٩٠٠جم / لتر عند درجة الحرارة العادية.

تنتج برمنجنات الصوديوم بعدة طرق منها الأكسدة الأنودية للمنجنيز الحديدي في محلول كربونات الصوديوم بواسطة برمنجنات الألمنيوم ، أو من برمنجنات البوتاسيوم بطريقة سداسي فلور السيليكات .

تعد برمنجنات الصوديوم من أهم أنواع البرمنجنات لأهميتها في الصناعة، وفي التطبيقات التي تتطلب تركيز عال من أكسيد المنجنيز (MnO)، كما أنها تستخدم في عمليات النقش على الأجزاء البلاستيكية مثل ألواح الدارات المطبوعة ، وكذلك في بعض تفاعلات الأكسدة العضوية.

مركبات أخرى

يشكل المنجيز عدة مركبات أخرى أهمها ما يلي:-

* **فلوريد المنجنيز (MnF_3)** : وزنه الجزيئي ١١١,٩، وكثافته ٣,٥٤جم/سم،و لونه أحمر متبلور وثابت حتى درجة حرارة ٦٠٠ْم ، وينحل في الماء ، ويستخدم كمادة مفلورة (مانحة للفلور) للمركبات العضوية . ينتج فلوريد المنجنيز بتفاعل هاليدات المنجنيز مع الفلور عند درجة حرارة ٢٠٠ْم .

* **هيبوفوسفيت المنجنيز[$Mn(H_2PO_2)_2 \cdot H_2O$]**: وزنها الجزيئي ٢٠٢,٩ ، وتذوب في الماء وتتفكك تلقائياً بالتسخين منتجة الفوسفين المشتعل ، وتحضر من هيبوفوسفات الكالسيوم وكبريتات المنجنيز .

تستخدم هيبوفوسفات المنجنيز كمادة مثبته لتحسين مقاومة الألياف الصناعية للحرارة والضوء ، وكمادة إضافة للأغذية .

* **أملاح المنجنيز الثنائية** : ومن أهمها ما يلي :-

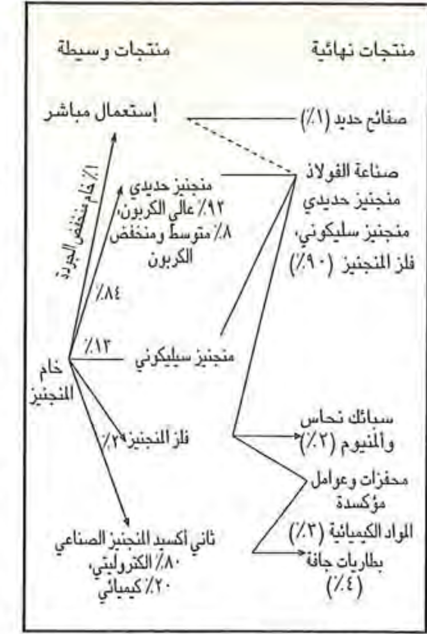
- **كربونات المنجنيز ($MnCO_3$)** : وتوجد في الطبيعة على شكل خام الرودوكروسيت (Rhodochrosite)، ووزنها الجزيئي ١١٤,٩ ، وكثافتها ٣,١٢جم/سم٣ ، ولونها زهري فاتح ، وتتفكك عند درجة حرارة أعلى من ٢٠٠ْم . وقليلة الذوبان في الماء إلا أنها قوية الذوبان في الأحماض .

تنتج كربونات المنجنيز صناعياً بالترسيب من كبريتات المنجنيز باستخدام كربونات هيدروجين أو كربونات عنصر قلوي ، يلي ذلك ترشيحها وغسلها ثم تجفيفها عند درجة حرارة ١١٠-١٢٠ْم .

تستخدم كربونات المنجنيز في تصنيع أملاح المنجنيز الأخرى ، وفي إنتاج ثاني أكسيد المنجنيز الكيميائي ، كما أنها تستخدم في تحضير مركبات فيرّات منجنيز - الزنك و هي مركبات عالية الجودة تستخدم في صناعة الحاسبات والتلفاز.

- **كلوريد المنجنيز($MnCl_2$)**: وزنه الجزيئي ١٢٥,٨ ، وكثافته ٢,٩٨جم/سم٣ ، ودرجة انصهاره ٩٦٠ْم، ودرجة غليانه ١١٩٠ْم .

يتم تصنيع كلوريد المنجنيز بتفاعل محلول مائي من حامض الكلور مع خام كربونات المنجنيز ($MnCO_3$) أو أحد



● شكل (٢) المنتجات الوسيطة والنهائية للمنجنيز.

أكاسيده (MnO_2) أو (MnO) وفقاً للتفاعل التالي :-

$$MnO_2 + 4HCl \longrightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

تتم تنقية محلول كلوريد المنجنيز الناتج وذلك بمعادلته مع كربونات المنجنيز ($MnCO_3$) حيث تترسب الشوائب ،ثم يرشح المحلول و يبخر .

يستعمل كلوريد المنجنيز في تصنيع البطاريات الجافة ، وفي تحضير سبائك المنجنيز الصلبة المقاومة للتآكل .

ـ كبريتات المنجنيز ($MnSO_4$) : وزنها الجزيئي ١٥١، وكثافتها ٣,٢٥جم/سم٣ ، وتنصهر عند ٧٠٠ْم ، وتغلي عند ٨٥٠ْم .

تنتج كبريتات المنجنيز بتفاعل أكسيد المنجنيز أو كربونات المنجنيز مع حامض الكبريت أو كناتج ثانوي من الأكاسيد العضوية بواسطة ثاني أكسيد المنجنيز .

تستخدم ($MnSO_4$) كمادة أولية في صناعة فلز المنجنيز، و ثاني أكسيد المنجنيز ، كما أنها تدخل في صناعة المبيدات ، وفي صناعة بعض الأصباغ العضوية والزجاج وكسماد للتربة .

ـ خلات المنجنيز رباعية التميه {$Mn(CH_3COO)_2 .4H_2O$)} : وزنها الجزيئي ٢٤٥ ، وكثافتها ١,٥٦جم/سم٣ ، وتوجد على شكل بلورات زهرية اللون تذوب في الماء ، والميثانول ، والإيثانول ، ويتم إزالة جزيئات الماء منها عند درجة حرارة تتراوح بين ٨٠ إلى ١٣٠ْم ، كما أنها تتفكك عند درجة ٣٥٠ْم إلى (Mn_2O_3) .

الاستخـــدامـات

يستخدم المنجنيز في عدة مجالات صناعية متعددة منها صناعة السبائك ، والحديد والصلب ، والبطاريات ، والمواد الكيميائية ، إلا أن أكثرها استهلاكاً للمنجنيز هي صناعة السبائك الحديدية خاصة الفولاذية منها والتي تستهلك ما يقارب من ٩٠٪ من الإنتاج العالمي للمنجنيز ويرجع ذلك بصفة أساس إلي سهولة إتحاد المنجنيز مع الكبريت على سطح السبيكة ، وبذلك أمكن إنتاج الصلب التي تتميز بعض أنواعه بمقاومة عالية للشد ، وصلابة شديدة ، ولذلك تستخدم هذه السبائك في صناعة السكك الحديدية وآلات كسر وطحن المعادن .

ويوضح الشكل (٢) المنتجات الوسيطية والنهائية التي يدخل في تركيبها فلز المنجنيز مع نسبة استهلاك المنجنيز في كل منها .

يدخل المنجنيز في صناعة السبائك الحديدية بخلائط مختلفة طبقا لنوعية استعمالاتها ، ويمكن توضيح أهم سبائك المنجنيز الحديدية في أربعة أنواع ،شكل(٣) هي:

١ـ منجنيز حديدي ذو محتوى كربوني عالي : وتحتوي على منجنيز (٧٢-٨٠٪) ، وكربون (٧,٥٪) ،وسيليكون أقل من ١,٢٪ .

٢ـ منجنيز حديدي ذو محتوى كربوني متوسط: وتحتوي على منجنيز (٧٥-٨٥٪) ، وكربون (١-١,٥٪) .

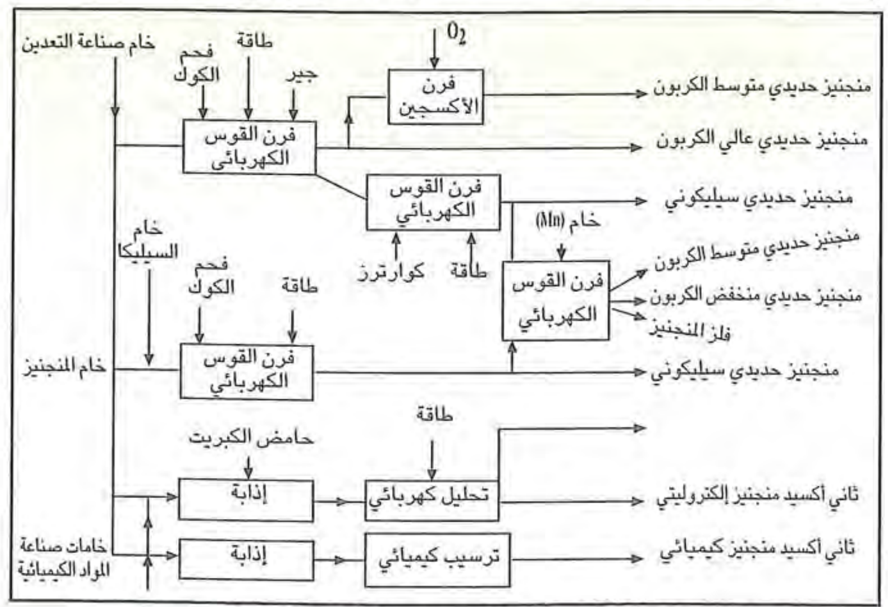
٣ـ منجنيز حديدي ذو محتوى كربوني منخفض: وتحتوي على منجنيز (٧٦-٩٢٪) ، وكربون (٠,٥-٠,٧٥ ٪) .

٤ـ منجنيز سيليكوني: وتتركب من منجنيز (٦٥-٧٥٪) ، وكربون (٢,٥٪)،وسيليكون (١٢-٢٥٪).

الآثار البيئية للمنجنيز

على الرغم من أن المنجنيز يؤدي دوراً هاماً في حياة النبات والحيوان عند وجوده بتراكيز قليلة ، إلا أن التعرض لغبار المنجنيز ومركباته تسبب تهيجا للأغشية المخاطية مع سعال وضيق بالتنفس .

أما التعرض المستمر لمركبات المنجنيز فيؤدي إلى حدوث تسمم ونقص الشهية ، وصداع ، ونعاس ، وتشنجات ، وآلام بالمفاصل ، وإذا استمر التعرض المستمر لفترات طويلة فإنه يؤدي إلى اضطرابات عصبية تشبه أعراض مرض باركسون وتشتمل على إسالة اللعاب ، وضعف عضلي ، وارتعاش في الأطراف العلوية والرأس ، وصعوبة في الحركة، وضعف في حركة الأجفان والعيون ، واضطرابات في المثانة والوظائف الرئوية ، كما يسبب إبتلاع مركبات المنجنيز اضطرابات معدية و معوية مع آلام في البطن.



● شكل (٣) طرق تصنيع سبائك المنجنيز وأهم مركباته.



تقع الفلزات القلوية ـ مثل الليثيوم (Li) والصوديوم(Na) والبوتاسيوم (K) ـ في العمود الأول من الجدول الدوري، وتمتاز بنشاطها الشديد، وتسمى بالفلزات القلوية لأن أكاسيدها تذوب تماماً في الماء منتجة محاليل قاعدية تؤثر على اليدين فتتلف الخلايا السطحية للجلد، وبذلك يحصل شعور بأن ملمسها ناعم.

ازداد الإهتمام بالفلزات القلوية في الأونة الأخيرة نتيجة لإستخدامها في المفاعلات النووية، فالصوديوم هو أول العناصر الذي تم استخدامه كسائل تبريد فيها، والليثيوم أستخدم كمبرد في محركات الطائرات التي تعمل بنظام الدفع النووي، كما أن الصفات المتميزة التي تتمتع بها الفلزات القلوية أعطتها تلك الأهمية، ونتيجة للفرق الشاسع بين درجات انصهارها ودرجات غليانها فإنها تستخدم كسوائل للتبريد وسوائل للتسخين في مجال درجة حرارة أقل من ٢٠ مْ إلى ٨٧٠ مْ.

تتمتع الفلزات القلوية بضغط بخار منخفض وبفعالية شديدة، لذلك فإنها لاتوجد في الطبيعة بشكل حر، وإنما على شكل مركبات، وللحصول على الفلزات القلوية بالحالة الحرة يتم تحليل مصهور الكلوريد أو الهيدرو كسيد تحليلاً كهربائياً.

تختلف أهمية الفلزات القلوية باختلاف استخداماتها التجارية حيث يمكن ترتيبها من حيث الأهمية التجارية كما يلي :ـ Na >Li >K >Rb.

الصفات الفيزيائية

تتمتع الفلزات القلوية في حالتها الحرة، وبمعزل عن الهواء، ببريق أبيض فضي باستثناء السيزيوم الذي يتميز بلون أصفر ذهبي، ونظراً لوجود إلكترون تكافؤ وحيد في ذرة الفلز القلوي فإن طاقات الإرتباط بين الذرات في الشبكة ضعيفة نسبياً، وبالتالي فإن هذه الفلزات لينة جداً، وتمتاز بجودة ناقليتها للكهرباء، ويوضح الجدول (١) بعض الصفات الفيزيائية لتلك الفلزات.

الصفات الكيميائية

تتصف كل ذرة من مجموعة الفلزات القلوية بأن لها إلكترون وحيد في المدار الأخير يمكنها أن تتخلى عنه بسهولة ليتكون أيون موجب (M^+)، وتزداد هذه الصفة من الليثيوم إلى الفرانسيوم، وذلك بازدياد نصف القطر الذري.

وتتفاعل الفلزات القلوية مع العديد من المواد الكيميائية. يمكن توضيح بعضها في الجدول (٢).

من جانب آخر تكوِّن الفلزات القلوية سبائك فيما بينها وسبائك مع الفلزات الأخرى، مثل: الذهب، والباريوم، والزرنيخ ... الخ.

الصفات العامة

تنتمي الفلزات القلوية للمجموعة الأولى من جدول الترتيب الدوري للعناصر، وتشمل عناصر المجموعة باستثناء الهيدروجين. ولا توجد الفلزات

الفلز	Li	Na	K	Rb	Cs	Fr
العدد الذري	٣	١١	١٩	٣٧	٥٥	٨٧
الكتلة الذرية	٦,٩٤١	٢٢,٩٨٩	٣٩,٠٩٨	٨٥,٤٦٧	١٣٢,٩٠	٢٢٣
الحالة الفيزيائية	صلب	صلب	صلب	صلب	سائل	سائل
الكثافة (g/cm^3)	٠,٥٣٤	٠,٩٧١	٠,٨٦٢	١,٥٣٢	١,٨٧٣	×××
درجة الإنصهار (مْ)	١٨٠,٥٤	٩٧,٨١	٦٣,٦٥	٣٩,٠٥	٢٨,٤٥	٢٦,٨٥
درجة الغليان (مْ)	١٣٤٦,٨	٨٨٢,٩٥	٧٧٣,٨٥	٦٨٧,٨٥	٦٧٨,٤٥	٦٧٦,٨٥
حرارة الإنصهار (كيلو حريرة) ذرة	٠,٧٦	٠,٦٣	٠,٥٧	٠,٥٣	٠,٥٠	-
القطر الذري(Aْ)	١,٥٦	١,٨٦	٢,٣٣	٢,٤٣	٢,٦٢	-

● جدول (١) بعض الصفات الفيزيائية للفلزات القلوية.

التفاعل مع الماء	$2M^{*} + H_2O \longrightarrow 2MOH + H_2$
التفاعل مع الكحولات	$2M + 2C_nH_{2n+1}OH \longrightarrow 2C_nH_{2n+1}OM + H_2$
التفاعل مع الأمونيا	$2M + 2NH_3 \longrightarrow 2MNH_2 + H_2$
التفاعل مع السلفيد	$M_2S_x + (2x\text{-}2)M \longrightarrow xM_2S$
التفاعل مع الهيدروجين	$2M + H_2 \longrightarrow 2M^{+}H^{-}$
التفاعل مع الأكسجين	$M + O_2 \longrightarrow M_2O$

* الفلزات القلوية Na, K, Rb, Cs

● جدول (٢) بعض تفاعلات الفلزات القلوية ونواتج التفاعل .

القلوية حرة في الطبيعة وإنما على شكل مركبات ، ومن الصفات العامة للفلزات القلوية ما يلي :ـ

* **الليثيوم :** وهو فلز فضي يمتاز بأعلى حرارة نوعية من بين جميع العناصر الصلبة وبأدنى كثافة من بين الفلزات، يشتعل في الهواء عند درجة ٢٠٠ْم ويتفاعل مع الماء البارد ولكن بصورة أهدأ من الصوديوم والبوتاسيوم .

* **الصوديوم :** وهو فلز فضي اللون لين يمكن قطعه بالسكين ، لايشتعل في الهواء عند درجة حرارة أقل من ١١٥ْم ، نشط كيميائياً ، ويتحلل بعنف في الماء ليعطي هيدروكسيد الصوديوم وهيدروجين .

* **البوتاسيوم :** وهو فلز ذو لون أبيض نقي لين جداً ، وهو عنصر أساسي في حياة الحيوان والنبات ، وهو أخف المعادن بعد الليثيوم والصوديوم ، وأول عنصر تم تحضيره بالتحليل الكهربائي لمصهور هيدروكسيد البوتاسيوم ، يتأكسد بسرعة في الهواء الرطب ، ويتفاعل بشدة مع الماء لدرجة الإنفجار .

* **الروبيديوم :** وهو فلز أبيض فضي لين ، يحتل المرتبة الثانية بعد السيزيوم من حيث القلوية والموجبية الكهربائية ، يشتعل تلقائياً في الهواء ويتفاعل بعنف مع الماء ، يكون سبائك مع كل من الزئبق والذهب والسيزيوم والصوديوم والبوتاسيوم .

* **السيزيوم :** وهو فلز أبيض فضي ، يحضر بالتحليل الكهربائي لمصهور السيانيد ، ويعد أكثر عنصر موجب التأين وأقوى العناصر قلوية ، يوجد بشكل سائل في درجات الحرارة العادية ، نشط كيميائياً وينفجر بالماء البارد ويتفاعل مع الثلج في درجات تصل إلى ١٠٠ْم تحت الصفر .

الليثيوم

يوجد عنصر الليثيوم في الطبيعة على شكل خامات أهمها ـ من الناحية التجارية ـ السبودمين [$LiAl(Si_2O_6)$] بسبب احتوائه على كميات كبيرة من فلز الليثيوم ، وقد تم اكتشافه في عام ١٧٩٠ـ١٨٠٠م في السويد ، وفي عام ١٨١٧م تم اكتشاف عنصر الليثيوم في خام البتاليت [$LiAl(Si_4O_{10})$] ، بعد ذلك تم اكتشافه في خام الليبودوليت [$K[(Li,Al)]_3[(Al,Si)]_4O_{10}[(F,OH)_2]$] وخام أمبليجونيت [$LiAl(F,OH)PO_4$] وغيرها من الخامات التي تحوي على عنصر الليثيوم بنسب قليلة .

ويعد السبودمين المصدر الرئيس لخام الليثيوم ، وهو يوجد في كل من : الولايات المتحدة ، وكندا ، والبرازيل ، والأرجنتين ، وروسيا ، وأسبانيا ، والكونغو .

تعني كلمة الليثيوم باليونانية " حجري " لذلك جاءت تسميته بالليثيوم من كونه أول العناصر المكتشفة من الصخور الأرضية ، بينما عنصرا الصوديوم والبوتاسيوم هما أول العناصر المكتشفة من المواد النباتية .

تم تحضير كميات بسيطة من الليثيوم في عام ١٩١٨م ، وذلك بتحليل أكسيد الليثيوم ، وفي عام ١٨٥٥م تم تحضير كميات كبيرة منه ، تكفي لإجراء الدراسات عليه ، وذلك بالتحليل الكهربائي لكلوريد الليثيوم .

يمكن الحصول على الليثيوم كناتج ثانوي عند إنتاج مركبات البوراكس ، أملاح البوتاسيوم ، كلوريد المغنيسيوم ، كلوريد الصوديوم .

وقد تضاعف استهلاك الليثيوم في العالم خلال الفترة ١٩٧٥ـ ١٩٨٥م ، ومن المتوقع أن يزداد الإستهلاك أكثر بعد ذلك بسبب استخداماته الكثيرة ، من ذلك الصناعات النووية ، صناعة البطاريات ، صناعة الزجاج ، صناعة السيراميك ... الخ. وتعد الولايات المتحدة من أكثر البلدان استهلاكاً لليثيوم ، ثم يأتي بعدها أوربا ، ثم اليابان ، ثم روسيا .

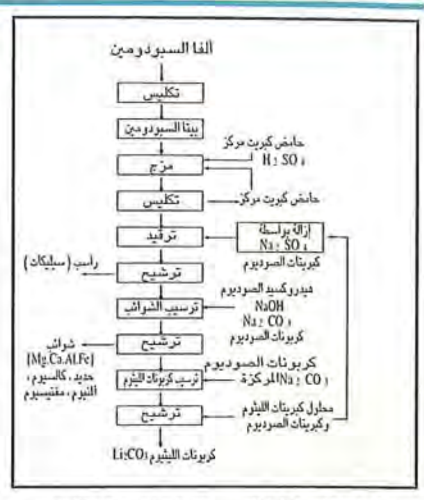
● تعدين الليثيوم

يتم الحصول على فلز الليثيوم بالخطوات التالية :

١ـ تركيز خام السبودمين : ويتم بعمليات الطفو (حسب الكثافة) حتى يصبح معدل الليثيوم في الخام ٢,٨ـ٣,٢، وهذه القيمة قريبة من المعدل النظري لوجود الليثيوم في السبودمين .

٢ـ تحويل السبودمين إلى كربونات أوهيدروكسيد: ، ويتم وفق ما يلي :ـ

* **كربونات الليثيوم** ، ويتم بتحويل ، ألفا السبودمين إلى بيتا السبودمين بتكليسه (حرقه) عند الدرجة ١١٠٠ْم ، ثم يخلط الناتج الحاصل بعد تبريده مع حامض كبريت مركز (٩٣٪) ليتفاعل مع الليثيوم الموجود . بعد ذلك يحمص المزيج حتى درجة حرارة ٢٥٠ْم ، وتستخلص كبريتات الليثيوم بإذابتها في الماء ، ثم يعامل محلول كبريتات الليثيوم بكربونات الصوديوم للحصول على كربونات الليثيوم ، وذلك بعد ضبط الرقم الهيدروجيني (pH) للمحلول بهيدروكسيد الصوديوم ، بعد ذلك يتم فصل الشوائب الراسبة، وبإضافة محلول كربونات الصوديوم المركز تترسب كربونات الليثيوم ، وتستخدم هذه الطريقة شركة الليثيوم الأمريكية



● شكل (١) مخطط الحصول على كربونات الليثيوم.

(Lithium Corporation of America)، شكل (١).

※ **هيدروكسيد الليثيوم**، ويتم بخلط ألفا السبودومين مع الحجر الجيري بنسبة وزنية (٣,٧ : ١)، ثم يحمص الخليط للحصول على الكلنكر الذي يبرد ثم يطحن ثم يعامل بعد ذلك مع الماء لإستخلاص مركب هيدروكسيد الليثيوم الذي يحتوي على جزيء ماء، ينقي المحلول من الشوائب، ثم يبخر للحصول على بلورات هيدروكسيد الليثيوم وتستخدم هذه الطريقة شركة فوت المعدنية (Foote Mineral Company).

٣- كلوريد الليثيوم : ويتم الحصول عليه بتفاعل كل من كربونات الليثيوم وهيدروكسيد الليثيوم مع حامض كلوريد الهيدروجين، وذلك حسب التفاعلات التالية :

$$Li_2CO_3 + 2HCl \longrightarrow 2LiCl + H_2O + CO_3$$

$$LiOH + HCl \longrightarrow LiCl + H_2O$$

٤- فلز الليثيوم : ويتم الحصول على فلز الليثيوم بالتحليل الكهربائي لمزيج من مصهور كلوريد الليثيوم وكلوريد البوتاسيوم بنسبة (١:١) تقريباً حسب معادلات نصف التفاعل التالية :-

على القطب السالب (المهبط)

$$2Li^+ + 2e^- \longrightarrow Li$$

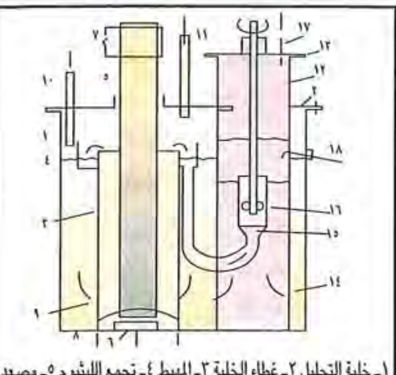
على القطب الموجب (المصعد)

$$2Cl^- \longrightarrow CL_2 + 2e^-$$

ويكون معدل كتلة الليثيوم إلى كتلة الكلور الناتجين بنسبة ١,٠٠ إلى ٥,١١ .

تتكون الخلية التي يجري فيها التحليل من الحديد المحتوي على كمية منخفضة من الكربون، حيث يشكل جسم الخلية المهبط بينما يتكون المصعد من فحم الجرافيت، شكل (٢).

في البداية يوضع بالخلية مزيج من ٥٥٪ من كلوريد الليثيوم و ٤٥٪ من كلوريد البوتاسيوم ثم يصهر المزيج عند درجة حرارة ٤٠٠ْم بواسطة مسخنات (درجة انصهار المزيج أقل من درجة انصهار كلوريد الليثيوم بمفرده)، يتم وصل التيار الكهربائي بحيث يكون فرق الجهد بين قطبي الخلية حوالي ٦-٦,٥ فولت، عند ذلك تبدأ عملية التحليل الكهربائي، وينتج عن ذلك حرارة كافية لتُبْقى المزيج مصهوراً مما يغني عن استمرار استخدام المسخنات، ونتيجة التحليل يطفو الليثيوم على السطح لإنخفاض كثافته، فيفصل عن المزيج المصهور بالكشط أو من الفتحة الجانبية، بينما ينطلق غاز الكلور عند المصعد ويتم تعبئته في خزانات، ولإستمرار عملية التحليل الكهربائي يضاف باستمرار كميات من كلوريد الليثيوم وكلوريد البوتاسيوم لتعويض النقص الحاصل عن التحليل. وهكذا يستمر عمل الخلية عدة أشهر دون توقف.



١- خلية التحليل ٢- غطاء الخلية ٣- المهبط ٤- تجمع الليثيوم ٥- مصعد من الجرافيت ٦- مادة عازلة ٧- طرف إتصال المصعد ٨- طرف إتصال المهبط ٩- فتحة في جدار المصعد ١٠- أنبوب إدخال كلوريد الليثيوم ١١- فتحة خروج الكلور ١٢- أسطوانة فصل ١٣- غطاء الوحدة ١٤- فتحة في جدار أسطوانة الفصل ١٥- أنبوب وصل الجمع مع أسطوانة الفصل ١٦- خلاط ١٧- دخول الغاز ١٨- فتحة سحب الليثيوم

● شكل (٢) خلية تحليل كهربائي لإنتاج الليثيوم.

● استخدامات الليثيوم

من أهم استخدامات الليثيوم إنتاج مركبات عضو معدنية (عضوية - ليثيوم) مثل مركب خلات الليثيوم الذي يستخدم بشكل واسع في المستحضرات الصيدلانية، وبنزوات الليثيوم المستخدمة في إنتاج وتحضير بعض البوليمرات، ومركبات بوتيل الليثيوم وهيدريد الليثيوم.

كذلك يستخدم الليثيوم كعامل إختزال في الكيمياء العضوية كما في صناعة الفيتامينات. وتعد كربونات الليثيوم المادة الأولية التي يتم منها الحصول على بقية مركبات الليثيوم بالإضافة إلى استخدامها في صناعة الخزف والزجاج وصناعة السبائك المعدنية الخفيفة، ويستخدم مركب هيدروكسيد الليثيوم في إنتاج بعض أنواع زيوت التشحيم وفي صناعة الأصباغ. وقد اتسعت رقعة الاستخدام بعدما تم استعمال الليثيوم كمصعد (قطب موجب) في البطاريات، ثم ازدادت أهميته أكثر باستعمال مركباته وخلائطه في الصناعات النووية، مثل إنتاج التريتيوم، أو كمبادل حراري في المبردات النووية، أو كمذيب لبعض أنواع الوقود النووي.

الصوديوم

يأتي ترتيب الصوديوم من حيث وفرة انتشاره في المرتبة السادسة من بين العناصر الطبيعية، وتبلغ نسبة وجوده في القشرة الأرضية حوالي ٢,٥٪، حيث يوجد في الطبيعة على شكل مركبات مثل الهاليت (كلوريد الصوديوم) و نترات الصوديوم و تينارديت (كبريتات الصوديوم) وميرابيليت (كبريتات الصوديوم المائية $[Na_2SO_4.10H_2O]$.

تم اكتشاف فلز الصوديوم في عام ١٨٠٧م، وذلك عن طريق التحليل الكهربائي لهيدروكسيد الصوديوم.

يوجد الصوديوم في جسم الإنسان على شكل أيونات تفيد في التحكم بمرور السوائل عبر أغشية الخلايا، وتسهم أيضا في عمل الجهاز العصبي.

جاء الأسم اللاتيني للصوديوم من (Natrium) ومنه جاء رمزه الكيميائي (Na)،

أمـا الإسم الإنجليـزي صـوديوم فـجـاء من الصـودا . تبلغ كـثـافـة الفلز ٠,٩٧١ ، ودرجـة انصـهـاره ٩٧,٨١ْم ، وهو جـيـد التوصـيـل للحرارة .

● تعدين الصوديوم

مـرت طرق إنتـاج الصـوديوم بـأربع مراحل مختلفة خلال أكثر من مائة عام حيث استقرت على استخدام أرخص مصادر الأملاح وهو كلوريد الصوديوم .

وتشبه طريقة تعدين الصوديوم طريقة تعدين الليثيوم ، حيث تتم حسب خلية داونز لإنتاج الصوديوم بالتحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم بموجب معادلات نصف التفاعل التالية :ـ

على القطب السالب (المهبط) :ـ

$$2Na^{+} + 2e^{-} \longrightarrow Na$$

على القطب الموجب (المصعد) :ـ

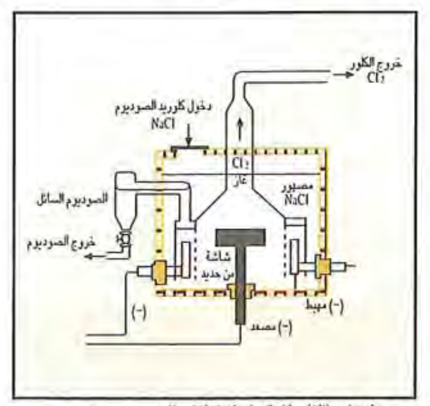
$$2Cl^{-} \longrightarrow Cl_2 + 2e^{-}$$

أي أن نتيجة التحليل تكون :ـ

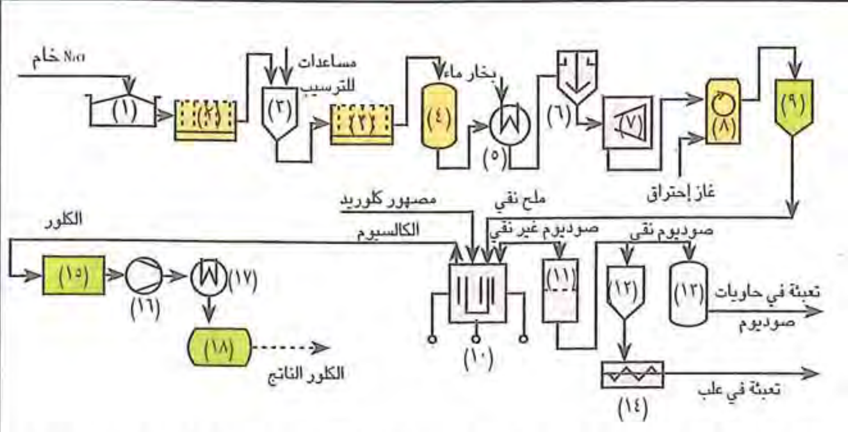
$$2NaCl \longrightarrow Cl_2 + 2Na$$

تتألف خلية التحليل الكهربائي، شكل (٣) ، من صندوق من الحديد يعمل كقطب سالب (مهبط) بينما يكون القطب الموجب (المصعد) من فحم الجرافيت ، ويأتي ترتيب الأقطاب بشكل حجرات منفصلة عن بعضها تغطى بالصوديوم والكلور الناتجين .

يخلط كلوريد الصوديوم بنسبة ٣٣,٢٪ مع كلوريد الكالسيوم بنسبة ٦٦,٨٪ ويصهر المزيج بدرجة حرارة



● شكل (٣) خلية داونز لإنتاج الصوديوم من مصهور كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم



● شكل (٤) مخطط إنتاج الصوديوم وغاز الكلور إبتداء من الملح.

٦٠٠ْم ـ أقل من درجة انصهار كلوريد الصوديوم بمفرده البالغة ٨٠٤ْم ـ حيث أن خفض درجة انصهار المزيج يفيد في إطالة عمر الخلية ويجعل عملية جمع غاز الكلور أسهل ، فضلاً عن أنها تمنع تشكيل غطاء من بخار الصوديوم على شكل ضباب . ونتيجة للتحليل الكهربائي يترسب كل من فلز الصوديوم والكالسيوم على المهبط ، وبخفض درجة حرارة المعدنين يقل انحلال الكالسيوم في الصوديوم فتترسب بلورات الكالسيوم بالتبريد بينما يبقى الصوديوم على شكل مصهور يرشح عند درجة حرارة ١٠٥ ـ ١١٠ْم ، وبذلك يتم الحصول على الصوديوم بدرجة نقاوة تصل إلى ٩٩,٩٪ ثم يعبأ في حاويات ويتصلب بالتبريد تحت النيتروجين.

ويوضح شكل (٤) ، طريقة الحصول على فلز الصوديوم النقي وغاز الكلور إبتداء من الملح الصخري الخام .

● إستخدامات الصوديوم

للصوديوم استخدامات كثيرة جداً ، من أهمها استخدامه في الجيل الثاني من المفاعلات النووية على شكل سائل للتبريد حيث تم في أمريكا عام ١٩٥٧م بناء مفاعل نووي يبرد بواسطة الصوديوم ، كما أنه يستخدم في إنتاج رباعي ميثيل الرصاص ورباعي إيثيل الرصاص، وللصوديوم مركبات كثيرة ومهمة ولها استخدامات في جميع مجالات الحياة منها ماهو عضو معدني مثل أميد الصوديوم المستخدم في صناعة صبغة الإنديكو ، أو بشكل خلائط معدنية مثل سبائك (صوديوم ـ بوتاسيوم) و (صوديوم ـ كالسيوم) و (صوديوم ـ زئبق) المستخدم في حشو الأسنان ، ويستخدم الصوديوم أيضاً في أحد مراحل تصنيع فيتامين (أ) ، كذلك يستخدم في عمليات تعدين بعض الفلزات مثل التيتانيوم والزركونيوم والنيبيوم ، بالإضافة لإستخدامه كقطب موجب ، وعلى شكل سائل في صنع البطاريات من نوع (صوديوم ـ كبريت) .

ومن مركبات الصوديوم المستخدمة بكثرة بيكربونات الصوديوم التي تدخل في الصناعات الغذائية وفي صناعة المستحضرات الصيدلانية ، وكربونات الصوديوم التي تستخدم في صناعة الزجاج والسيليكات والفوسفات والكرومات والسيترات ، أما كلوريد الصوديوم فإستخداماته غنية عن التعريف .

البوتاسيوم

البوتاسيوم فلز لين جداً وفضي اللون تبلغ كثافته ٠,٨٦٢ ودرجة انصهاره ٦٣,٦٥ْم ، وهو موصل حراري وكهربائي ممتاز عندما يكون بشكل جزيء ثنائي الذرة K_2 .

يوجد البوتاسيوم في الطبيعة على شكل خامات منها السلفين (كلوريد

البوتاسيوم) ونترات البوتاسيوم والكارناليت ($MgCl_2.KCl.6H_2O$) والألونيت [$(KAl_3(SO_4)_2(OH)_6)$]، والبولي هاليد [$K_2MgCO_3(SO_4)_4.2H_2O$] والكالينيد [$KMg(SO_4)Cl.3H_2O$] ولوسيت [$(KAl(Si_2O_6)$]، ويوجد أيضاً في الميكا، وفي الصخور الإندفاعية، وفي مياه الأنهار والمياه المعدنية، كما أنه يوجد في جسم الإنسان بنسبة تساوي ثلاث أضعاف كمية الصوديوم.

وتحتوي النباتات أيضاً على عنصر البوتاسيوم حيث أن وفرته في رماد النبات هي التي أعطته هذا الإسم اللاتيني بوتاش (Potash) الذي يعني (رماد)، ويستخدم اسم البوتاس بالفرنسية للدلالة على هيدروكسيد البوتاسيوم.

تستهلك صناعة الأسمدة البوتاسية ٩٠٪ من البوتاسيوم المنتج بينما تستهلك صناعة الصابون ١٠٪ من إنتاجه.

● تعدين البوتاسيوم

تم الحصول على فلز البوتاسيوم عام ١٨٠٧م من تحليل هيدروكسيد البوتاسيوم، وفي أواخر عام ١٩٢٠م استحصل عليه باستخدام خلية كاستنر بتحليل مزيج من هيدروكسيد البوتاسيوم بنسبة ٦٦٪ وكربونات البوتاسيوم بنسبة ١٩٪ وكلوريد البوتاسيوم بنسبة ١٥٪، وبعد ذلك بسنوات استخدم مزيج آخر للتحليل مكون من كلوريد البوتاسيوم وفلوريد البوتاسيوم مع نسبة قليلة من كربونات البوتاسيوم بحيث تكون درجة انصهار المزيج ٦٠٠ ْم.

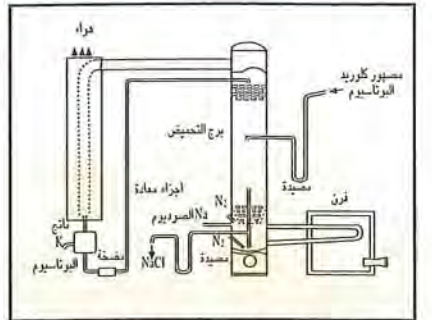
ويفضل حالياً استخدام الطرق الحرارية على استخدام التحليل الكهربائي وذلك للأسباب التالية :ـ

١ـ يذوب البوتاسيوم بدرجة كبيرة في المصهور.

٢ـ تصاعد أبخرة البوتاسيوم تسبب اختلال في شروط التشغيل.

٣ـ تكّون بيروكسيد البوتاسيوم الذي يتفاعل مع البوتاسيوم مسبباً إنفجار.

لذلك يتم تعدين البوتاسيوم بإرجاع كلوريد البوتاسيوم بواسطة الصوديوم



● شكل (٥) طريقة أمان المنجم لإنتاج البوتاسيوم.

عند درجة حرارة تتراوح ما بين ٧٦٠ إلى ٨٨٠ ْم.

*** طريقة شركة أمان المنجم التطبيقية :** وقد استخدمت في عام ١٩٥٠م، وهي اقتصادية وتجري بشكل مستمر، شكل (٥)، حيث يتم إدخال الصوديوم من طرف برج التقطير المجزأ (أ) عند درجة حرارة ٨٧٠ ْم وإدخال مصهور كلوريد البوتاسيوم من طرف أعلى من الأول، ويتم التفاعل بالتقاء أبخرة الصوديوم وكلوريد البوتاسيوم وفق المعادلة التالية :

$$KCl + Na \longrightarrow K + NaCl$$

يكثف بخار البوتاسيوم للحصول على فلز البوتاسيوم مع بعض الشوائب من الصوديوم (١٪ وزناً) ويتم سحب كلوريد الصوديوم من الأسفل باستمرار.

*** طريقة غريشمر (Griesheimer) :** ويتم فيها تفاعل فلوريد البوتاسيوم مع كربيد الكالسيوم للحصول على البوتاسيوم حسب المعادلة :

$$2KF + CaC_2 \longrightarrow 2K + CaF_2 + 2C$$

● استخدامات البوتاسيوم

للبوتاسيوم استخدامات واسعة، فهو يستخدم كموصل للحرارة مع الصوديوم في المفاعلات النووية، كما يستخدم في تحضير مركبات عضوية وعضو معدنية مثل أميدات البوتاسيوم، وغير عضوية مثل هيدريد البوتاسيوم وكلوريد البوتاسيوم الذي يدخل في إنتاج سوائل مستخدمة في حفر آبار البترول. ويستخدم كلوريد البوتاسيوم أيضاً في الصناعات الغذائية والدوائية، وكبريتات البوتاسيوم المستخدمة في صناعة الإسمنت والمطاط وزيوت التزييت وفي صناعة الأصبغة والمواد الصيدلانية، أما أكسيد البوتاسيوم فيعد مصدر رئيس للأكسجين في أجهزة التنفس الإصطناعي، بينما تستخدم بيكربونات البوتاسيوم في صناعة بودرة المطافىء وصناعة الأغذية والدواء، وفضلاً عن ذلك يستفاد من البوتاسيوم في صناعة الأسمدة البوتاسية.

توجد بالمملكة فرصة استثمارية لإنتاج كلوريد البوتاسيوم مدروسة من قبل الدار السعودية للخدمات الإستشارية، حيث تتوفر المواد الخام اللازمة لهذه الصناعة في بعض مناطق المملكة مثل طبقات الصخر الملحي المتواجدة على ساحل الخليج ـ خاصة في صبخة الرياس بالقرب من الجبيل ـ حيث تحتوي على ١٥٠ مليون طن من أملاح البوتاسيوم، كذلك تتواجد أملاح البوتاسيوم في ساحل البحر الأحمر في مناطق كثيرة أهمها وادي ايفال ورأس كركومة وجزر فرسان.

● سبائك البوتاسيوم

يكّون البوتاسيوم سبائك ومركبات مع فلزات كثيرة منها الصوديوم والخارصين والكادميوم والزئبق والإنديوم والثاليوم والقصدير والرصاص والبزموث، وتعد هذه الخلائط مواد فعالة لكن بدرجة أقل من فلز البوتاسيوم لإنها أقل قابلية للسحب والطرق من معدن البوتاسيوم الحر.

الروبيديوم

يوجد الروبيديوم (Rb) في الطبيعة على شكل شوائب في الفلزات القلوية الأخرى، وهو أول عنصر شوهد ضوءه قبل معرفة وجوده، وذلك في عام ١٨٦١م على يد العالمين كيرشوف و بترن حيث كشفت الخطوط الطيفية الموجودة في الملح عن وجود خطين لونهما أحمر لاينتميان إلى أي من العناصر المعروفة فقررا على أنه عنصر جديد أسموه باللاتينية روبيدوس ومعناها أحمر قاني. والفلز ذو لون أبيض لامع، يستخدم في صنع المقياس المغناطيسي الذي يستطيع أن يكشف عن حقول مغناطيسية أضعف بمائة ألف مرة من التي تؤثر بالبوصلة، وقد أسهم هذا المقياس في الكشف عن الغاز الطبيعي في بحر الشمال.



تقع الفلزات القلوية الترابية في المجموعة الثانية (أ) من الجدول الدوري للعناصر، وهي المجموعة التي تحتوي على إليكترونين في المدار الخارجي لذراتها. وتضم تلك المجموعة البيريليوم (Be)، والمغنيسيوم (Mg)، والكالسيوم (Ca)، والسترونشيوم (Sr)، والباريوم (Ba)، والراديوم (Ra). ويعد البيريليوم من أقل العناصر انتشارا في الطبيعة إذ تبلغ نسبة وجوده في القشرة الأرضية حوالي ٠٠٠٤ر٠٪، ومن أهم معادنه البيريل ($3BeO.Al_2O_3.6SiO_2$)، وتكون بعض أنواع البيريل ملونة، وتعد من الأحجار الكريمة كالزمرد الأخضر.

أما بالنسبة للمغنيسيوم والكالسيوم فهما أكثر عناصر الفلزات القلوية الترابية انتشارا في الطبيعة حيث تبلغ نسبة المغنيسيوم في القشرة الأرضية حوالي ١ر٢٪ وزنا ويوجد على شكل فلزات، كما وتوجد أملاحه في مياه البحار والمحيطات.

تقدر نسبة الكالسيوم في القشرة الأرضية بحوالي ٥ر٣٪ وزناً، بينما تبلغ نسبة السترونشيوم حوالي ٠٤ر٠٪ وزنا، والباريوم حوالي ٠٥ر٠٪ وزنا، ويبين الجدول (١) أهم معادن الفلزات القلوية في الطبيعة.

تتصف الفلزات القلوية الترابية بلون أبيض فضي، وهي أكثر قساوة من المعادن القلوية ولكنها أقل فعالية منها، كما وتتصف بناقلية جيدة للحرارة والكهرباء، ويبين الجدول (٢) أهم الخواص الفيزيائية للفلزات القلوية الترابية. ومن أهم الفلزات القلوية الترابية مايلي :-

البيريليوم

يعد البيريليوم من العناصر النادرة نسبياً، ومن أهم معادنه الطبيعية البيريل والبيرترانديت بمحتوى من البيريليوم من ٤٪ و ١٥٪ على التوالي، حيث يستخدمان للحصول على هيدروكسيد البيرليوم $Be(OH)_2$ أو أكسيد البيريليوم (BeO).

● إنتاج البيريليوم

يتم تعدين البيريليوم إما بواسطة اختزال فلوريد البيريلوم بإستخدام المغنيسيوم عند درجات حرارة عالية أو بواسطة التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد البيريليوم وفق المعادلات التالية:

$$BeCl_2 \longrightarrow Be^{2+} + Cl_2$$
$$Be^{2+} + 2e^- \longrightarrow Be \quad \text{(المهبط)}$$
$$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^- \quad \text{(المصعد)}$$

الفلز	المعدن	الصيغة الكيميائية
البيريليوم (Be)	بيريل	$Be_2Al_2(Si_6O_{18})$
		$3BeO.Al_2O_3.6SiO_2$
	هيلفيت	$(Mn,Fe)_8(BeSiO_4)_6S_2$
	البيرترانديت	$4BeO.2SiO_2.H_2O$
المغنيسيوم (Mg)	دولوميت	$MgCO_3.CaCO_3$
	كارناليت	$MgCl_2.KCl.6H_2O$
	أوليفين	$(Mg,Fe)_2SiO_4$
	أكسيد حديد	
	مغنيسيوفي	$MgFe_2O_4$
	مغنيسيت	$MgCO_3$
	بيشوفيت	$MgCl_2.6H_2O$
	كيزيريت	$MgSO_4.H_2O$
	تالك	$Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$
	بيروب	$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$
الكالسيوم (Ca)	فلوروسبار	CaF_2
	كالسيت	$CaCO_3$
	دولوميت	$CaCO_3.MgCO_3$
	جبص	$CaSO_4.2H_2O$
	أنهدريت	$CaSO_4$
	أباتيت	$3Ca_3(PO_4)_2.Ca(F,Cl)_2$
	فوسفوريت	$3Ca_3(PO_4)_2.Ca(OH)_2$
	أنورثيت	$CaO.Al_2O_4.2SiO_4$
السترونشيوم (Sr)	سيليستين	$SrSO_4$
	سترونشيانيت	$SrCO_3$
الباريوم (Ba)	باريت	$BaSO_4$
	فيتريت	$BaCO_3$

● جدول (١) أهم معادن الفلزات القلوية الترابية.

● الإستخدامات

يستخدم حوالي (٧٠ - ٨٠٪) من البيريليوم بشكل رئيسي في صناعة سبائك البيريليوم - نحاس (حوالي ٥ر٠ الى ٥ر٢٪ بيرليوم) التي تستخدم في الأجهزة الكهربائية، كما ويستخدم ١٥-٢٠٪ من البيريليوم وسبائكه في التطبيقات الفضائية نظراً لقوة شدها العالية وناقليتها الحرارية العالية. من جانب آخر تستخدم ٦-٨٪ من البيريليوم في صناعة أكسيد البيريليوم الذي يستخدم بدوره في صناعة المواد الخزفية وكمواد أساس لرسم ألواح الدارات الكهربائية نظراً لإرتفاع درجة حرارة انصهاره وثباته الكيميائي، وفي صناعة الإلكترونيات، كما ويستخدم لصنع حاويات للوقود الذري نظراً لإمتصاصه نيوترونونات قليلة جداً ولا يصبح فعَّال ذرياً، وفي صنع نوافذ أجهزة الأشعة السينية.

المغنيسيوم

يوجد المغنيسيوم في القشرة الأرضية بنسبة ١ر٢٪ ويأتي في المرتبة الثامنة من حيث تواجده في الطبيعة، وفي المرتبة الثالثة من حيث نسبته في مياه البحار التي تعد مصدر غير ناضب للحصول على المغنيسيوم إذ يحتوي كل كيلومتر مكعب واحد من مياه البحار على ٣ر١×١٠^٦ طن من المغنيسيوم (١٣ر٠٪).

الجدير بالذكر انه يوجد حوالي ١٠^١٨ كيلومتر مكعب من مياه البحار التي تحتوي على مغنيسيوم، ولذلك يمكن إدراك الكميات الكبيرة من المغنيسيوم في هذا المصدر.

● إنتاج المغنيسيوم

يعدَّن عنصر المغنيسيوم إما بواسطة التحليل الكهربائي لكلوريد المغنيسيوم (يتم الحصول عليه من مياه البحار أو البحيرات المالحة والترسبات الملحية) أو بواسطة الاختزال الحراري لخاماته مثل الدولوميت مع الفيروسيليكون. ويتم إنتاج ٨٠٪ منه بطريقة التحليل الحراري.

الصفة الفيزيائية	Be	Mg	Ca	Sr	Ba
العدد الذري	٤	١٢	٢٠	٣٨	٥٦
الكثافة (جم/سم٣)	١,٨٦	١,٧٤	١,٥٤	٢,٦	٣,٦٥
درجة الانصهار (مْ)	١٢٨٠	٦٥٠	٨٥٠	٧٦٠	٧١٠
درجة الغليان (مْ)	٢٩٧٠	١١٠٠	١٤٩٠	١٣٨٠	١٦٤٠
طاقة التأين الأول (كيلو جول/ مول)	٨٩٩	٧٣٨	٥٨٩	٥٤٩	٥٠٢
طاقة التأين الثاني (كيلو جول/مول)	١٧٥٧	١٤٥١	١١٤٥	١٠٦٤	٩٦٥

● جدول (٢) أهم الخواص الفيزيائية للفلزات القلوية الترابية.

*** التحليل الحراري لكلوريد المغنيسيوم :** وتتم بطريقة تشبه إنتاج الألمنيوم حيث تجري عملية التحليل في خلايا كهربائية عند درجات ٧٠٠-٨٠٠م، وبفرق جهد تفكك ٥-٧ فولت على مهابط من الحديد (Iron Cathodes) حيث يتم جمع المغنيسيوم المتوضع عند سطح المصهور ليتم سحبه من الخلية وذلك وفقاً للتفاعلات التالية :-

$$MgCl_2 \longrightarrow Mg^{2+} + 2Cl_2$$

$$Mg^{2+} + 2e^- \longrightarrow Mg \text{ (المهبط)}$$

$$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^- \text{ (المصعد)}$$

*** طريقة السيليكو الحرارية (Silicothermal) :** وهي طريقة اختزالية يتم فيها تحميص الدولوميت ومن ثم مفاعلته مع ٧٠-٨٥٪ من الفيروسيليكون عند درجة حرارة ١٢٠٠ْ وتحت الفراغ، وذلك وفق التفاعل التالي :-

$$2(CaO.MgO) + Si(Fe) \longrightarrow 2Mg + Ca_2Si_4O + Fe$$

وفي هذه الطريقة يتم ترسيب بخار المغنيسيوم المتشكل في وعاء تكثيف.

تتم تنقية المغنيسيوم النا تج من كلا الطريقتين - التحليل الحراري لكلوريد المغنيسيوم أو إختزال الدولوميت - للحصول على مغنيسيوم عالي النقاوة بتقطير مزيج من مصهور أملاح كلوريدات أو فلوريدات الفلزات القلوية والقلوية الترابية مع مصهور فلز المغنيسيوم.

● استخدامات المغنيسيوم

يستخدم معظم المغنيسيوم في صناعة السبائك، وبشكل خاص سبائك المغنيسيوم - المنيوم (أكثر من ٩٩٪ من جميع سبائك المغنيسيوم تحتوي على الألمنيوم). ويعد فلز المغنيسيوم المكون الرئيسي في السبائك المستخدمة في صناعة وسائل النقل، حيث تصل نسبته فيها حوالي ٩٠٪، بينما تشكل فلزات أخرى مثل الألمنيوم والمنجنيز والخارصين والبيريليوم والسيليكون وغيرها النسبة الباقية (١٠٪). وفي بعض الأنواع الأخرى من السبائك وخاصة سبائك الألنيوم فقد تصل نسبة المغنيسيوم فيها إلى ١١٪.

كذلك يستخدم المغنيسيوم في الاختزال الحراري لكلوريدات المعادن والمركبات الأخرى، مثل انتاج التيتانيوم واليورانيوم والزركونيوم والهافانيوم والبيريليوم، وفي صناعة الحديد والصلب حيث يستخدم بكميات متزايدة كعامل نزع للكبريت ومانع للتأكسد (Deoxidification)، إضافة لذلك يستخدم مسحوق المغنيسيوم في مزائج الألعاب النارية، وفي الإصطناع العضوي لتحضير كواشف **غرينيارد**، وفي صناعة العوامل المانعة للدق مثل رباعي ميثيل ورباعي إيثيل الرصاص.

● مركبات المغنيسيوم

تدخل مركبات المغنيسيوم في الكثير من الصناعات، ومن أهم تلك المركبات مايلي :-

*** كربونات المغنيسيوم:** توجد بكميات كبيرة في الطبيعة على شكل بلورات (Crystals) ومواد غير بلورية (Amorphous Materiala) كما وتوجد مرتبطة مع كربونات الكالسيوم كالدلوميت.

تتركز كربونات المغنيسيوم في الصين الشعبية وروسيا وشمال كوريا والبرازيل واستراليا، وتستخدم للحصول على أكسيد المغنيسيوم، وفي الصناعات الصيدلانية، وفي صناعة المواد العازلة الحرارية، والدهانات وحبر الطباعة، وكمادة مالئة في صناعة الورق والمواد البلاستيكية والمطاطية، وكمادة إضافة لملح الطعام.

تعد كربونات المغنيسيوم قليلة الذوبان في الماء، ومن صفاتها أنها تتفكك بالتسخين لتعطي أكسيد المغنيسيوم وثاني أكسيد الكربون، كما تتفاعل بسهولة مع الأحماض المخففة مكونة أملاح المغنيسيوم - يعتمد نوعها حسب نوع الحامض المستخدم - وأكسيد وماء.

يمكن الحصول على كربونات المغنيسيوم وفق الطرق التالية:-

- من معادنه: وذلك بطحن خاماته ثم فصله بواسطة الجاذبية والتعويم أو الفصل المغناطيسي ليتم إنتاج كميات قليلة من كربونات المغنيسيوم ثلاثية التميه ($MgCO_3 . 3H_2O$) وكربونات المغنيسيوم الأساسية [$4MgCO_3 . Mg(OH)_2 . 4H_2O$] المكونة من المغنيسيت والمغنيسيا.

- طرق أخرى : وذلك كمنتج ثانوي من صناعة البوتاس عن طريق تفاعلات الترسيب بواسطة تفاعل محاليل أملاح المغنيسيوم الناتجة من صناعة البوتاس مع كربونات وهيدروجين كربونات الأمونيوم، أو بواسطة كربنة (Carbonation) هيدروكسيد المغنيسيوم المترسب تحت ضغط، أو بواسطة كلسنة كلية أو جزئية للدولوميت (CaO_3MgO) و ($CaO.MgO$) يليها التفاعل مع ثاني أكسيد الكربون لينتج كربونات هيدروجين المغنيسيوم القابل للذوبان، والذي يتحول بدوره إلى كربونات المغنيسيوم.

*** أكسيد المغنيسيوم:** و يعد من أكثر مركبات المغنيسيوم أهمية حيث يستخدم في صناعة الصلب، وفي تبطين الأفران التعدينية، وكمواد خام لتبطين الآجر، وفي صناعة مواد التخزين الحراري، والأسمدة والعلف الحيواني، ومواد البناء، والمنتجات الكيميائية الصيدلانية ومعالجة المياه.

كذلك تستخدم المغنيسيا المنصهرة في صناعة مواد الصهر مثل البوتقات، وكمواد عازلة في صناعة المسخنات الحرارية.

يتصف أكسيد المغنيسيوم بأنه عبارة عن مادة صلبة بيضاء اللون صعبة الإنصهار وتتفاعل مع الماء لتشكيل ماءات المغنيسيوم، ومع الأحماض مشكلة الملح الموافق للحامض.

يتم الحصول على أكسيد المغنيسيوم من خامات المغنيسيوم الطبيعية مثل الدولوميت والمغنيسيت بواسطة الكلسنة، أو من مياه البحار وترسبات الأملاح، حيث يرسب هيدروكسيد المغنيسيوم بواسطة الكلس أو الرولوميت، ويفصل، ثم تجرى له عملية كلسنة للحصول على أكسيد المغنيسيوم. وتختلف جودة المغنيسيا (أكسيد

المغنيسيوم) باختلاف درجة حرارة الطريقة المتبعة لكلسنة الكربونات (الدولوميت) أو الهيدروكسيد ، حيث تتراوح مابين ٦٠٠– ٩٠٠° أو ١٦٠٠ – ٢٠٠٠°م .

* **كلوريد المغنيسيوم :** وهو عبارة عن بلورات ، يكون أحيانا مرتبط مع ست جزيئات من الماء . ($MgCl_2 . 6H_2O$) ، وعندما يسخن فإنه يتميه بواسطة ماء التبلور، فيتحرر كلوريد الهيدروجين، ويتشكل أكسيد المغنيسيوم . وبناءاً عليه فإنه لا يمكن الحصول على كلوريد المغنيسيوم اللامائي بواسطة تبخر محلول الكلوريد المائي.

يستخدم كلوريد المغنيسيوم اللامائي أو الميّه في صناعة المغنيسيوم بواسطة التحليل الكهربائي . كما يمكن مزجه مع أكسيد المغنيسيوم في صناعة نوع من الأسمنت يعرف بالأسمنت المغنيسيومي أو أسمنت **سوريل** ، وذلك وفق التفاعل التالي :

$$MgCl_2 + MgO + H_2O \longrightarrow 2MgOHCl$$

ويستخدم كلوريد المغنيسيوم أيضا في عملية تحبحب الأسمدة ، وفي صناعة الزيوت والسكر وكمادة رابطة للغبار في عمليات التعدين وتشييد الطرق .

وعلى الرغم من وجود كلوريد المغنيسيوم بكميات كبيرة في الطبيعة – على شكل أملاح مضاعفة مثل الكارناليت ($KCl.MgCl_2.6H_2O$) – إلا أنه يمكن الحصول عليه أيضا كمنتج ثانوي من مياه البحار أو من كربونات وأكسيد المغنيسيوم، ومن أهم الطرق الصناعية للحصول على كلوريد المغنيسيوم مايلي :

– طريقة دو الكيميائية (Dow Chemical) : وفيها يتم إضافة الكلس إلى ماء البحر ليترسب هيدروكسيد المغنيسيوم الذي يتفاعل بدوره مع كلوريد الهيدروجين ليعطي محلول من كلوريد المغنيسيوم . يبخر المحلول النا تج عند درجة حرارة ٢٠٠° لينتج كلوريد المغنيسيوم .

– طريقة نورسك هيدرو (Norsk-Hydro): ويستخدم فيها المغنيسيت المكلس بدلا من الكلس ، حيث يتم ترسيب هيدروكسيد المغنيسيوم من مياه البحار ومن ثم إجراء عملية كلسنة يليها كلورة بوجود الفحم عند درجات حرارة تتراوح مابين ١٠٠٠–١٢٠٠°م ، ينتج منها كلوريد المغنيسيوم اللامائي وذلك وفق التفاعل التالي .

$$2MgO + 2Cl_2 + C \longrightarrow 2MgCl_2 + CO_2$$

وينتج كلوريد المغنيسيوم اللامائي من نزع الماء من كلوريد المغنيسيوم سداسي التميه في تيار من كلوريد الهيدروجين عند درجات حرارة أعلى من ٢٣٠° ، أو بواسطة التفاعل المباشر للمغنيسيت مع الكلور وأحادي أكسيد الكربون عند درجات حرارة عالية .

* **كبريتات المغنيسيوم:** توجد في الطبيعة على شكل ترسبات ملحية مثل الكيزيريت وملح إبسوم ($MgSO_4.7H_2O$) ، وعلى شكل أملاح مضاعفة مثل الكاينيت ($4KCl. 4MgSO_4. 11H_2O$) واللانغبينيت ($K_2SO_4.2MgSO_4$) ، كما وتنتج كميات كبيرة من الكيزيريت وملح إبسوم أو كبريتات المغنيسيوم اللامائية أثناء صناعة أملاح البوتاسيوم .

تستهلك صناعة الأسمدة حوالي ٨٠٪ من كبريتات المغنيسيوم لصناعة كبريتات البوتاسيوم (من كلوريد البوتاسيوم وكبريتات الصوديوم وبوتاس المغنيسيا)، أما الكمية المتبقية من كبريتات المغنيسيوم (٢٠٪) فتستخدم في الصناعات النسيجية، والسيللوز ، ومواد البناء، والتبطين، والعلف الحيواني، وإضافات لزيوت المحركات .

يتم إنتاج كبريتات المغنيسيوم من تفاعل كربونات المغنيسيوم أو ماء البحر المحتوي على كلوريد المغنيسيوم مع حامض الكبريت ، وفق التفاعلات التالية:

$$MgCO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow MgSO_4 + CO_2 + H_2O$$

$$MgCl_2 + H_2SO_4 \longrightarrow MgSO_4 + 2HCl$$

الكالسيوم

يأتي الكالسيوم في المرتبة الخامسة من بين العناصر الأكثر وجودا في الطبيعة حيث تبلغ نسبته في القشرة الأرضية حوالي ٤٪ . ويتصف هذا الفلز بلون أبيض فضي ، وهو أكثر قساوة وأعلى درجة إنصهار من الفلزات القلوية.

● إنتاج الكالسيوم

يتم إنتاج عنصر الكالسيوم بإختزال أكسيد الكالسيوم بواسطة الألمنيوم في الفراغ عند درجة حرارة ١٢٠٠°م ، وذلك



● بلورات كالسيت (ساردينيا ـ إيطاليا).

وفق التفاعل التالي :

$$6CaO + 2Al \longrightarrow 3CaO.\ Al_2O_3 + 3Ca\ (\text{بخار})$$

يتم تكثيف بخار الكالسيوم للحصول على المعدن الصلب .

● إستخدامات الكالسيوم

يستخدم الكالسيوم كمادة أولية في صناعة هيدريد الكالسيوم ، وكعامل إختزال في صناعة بعض أنواع المعادن الخاصة مثل: الزركونيوم، والثوريوم، واليورانيوم، والمعادن الأرضية النادرة ، وأيضاً في صناعة المغانط الدائمة ، كما يستخدم كعامل تنقية في الصناعات التعدينية (مثل الفولاذ والنحاس والمغنيسيوم والتنتاليوم والرصاص) ، وفي صناعة السبائك ، مثل سبائك الرصاص ـ كالسيوم التي تستخدم بدورها في صناعة البطاريات.

● كربونات الكالسيوم

تتشكل كربونات الكالسيوم في الطبيعة بشكلين بلوريين وهما الكالسيت والطبشور ، وهما عديمتا الذوبان في الماء وتتفككان بالتسخين حيث يتشكل أكسيد الكالسيوم ويتحرر ثاني اكسيد الكربون .

تعد كربونات الكالسيوم المادة الأساسية في طريقة **سولفي** لصناعة كربونات الصوديوم ، وكذلك في صناعة الأسمنت حيث يعد ضروريا لتشكل سيليكات الكالسيوم ألمنيوم . بجانب ذلك تستخدم كربونات الكالسيوم في صناعة أكسيد الكالسيوم ، وفي الصناعات التعدينية مثل صناعة الحديد – وفي صناعة الزجاج ، وعمليات نزع الكبريت ، وكمادة مالئة للورق ، وصناعة البلاستيك والمطاط والدهانات والمواد اللاصقة وأحبار الطباعة .

يتم استخلاص كربونات الكالسيوم بتعدين خاماته . أما صناعيا فيتم انتاجه بكميات قليلة بواسطة كربنة (Carbonatian) محلول الكلس.

● أكسيد وهيدروكسيد الكالسيوم

يتم إنتاج أكسيد الكالسيوم بواسطة كلسنة الحجر الكلسي عند درجات حرارة تتراوح مابين ١٠٠٠ – ١٢٠٠ْم في أفران تحميص دوارة ، وذلك وفق التفاعل التالي :

$$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$$

أما هيدروكسيد الكالسيوم فيتم إنتاجه بإضافة الماء ببطء إلى أكسيد الكالسيوم ، وذلك وفق التفاعل التالي :

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

يعد كل من أكسيد وهيدروكسيد الكالسيوم – إلى جانب كربونات الكالسيوم – من أهم مركبات الكالسيوم ويتصف أكسيد الكالسيوم بخواص أساسية حيث يتفاعل مع الأحماض مشكلاً أملاح تلك الاحماض، وهو صعب الانصهار ويتفاعل مع الماء مشكلاً هيدروكسيد الكالسيوم . ويستخدم أكسيد الكالسيوم في العديد من الصناعات منها مايلي :

– الصناعات التعدينية ، حيث يستخدم في صناعة الفولاذ والبوكسيت والمغنيسيوم والنحاس .
ـ عمليات التجفيف .
ـ معالجة المياه .
ـ صناعة بعض أنواع المواد الكيميائية ، والسكر ، والزجاج .
ـ صناعة مواد البناء.
ـ كعامل نازع للكبريت من غازات العوادم .
ـ صناعة الورق .
ـ تبطين الأفران .

أما هيدروكسيد الكالسيوم فيستخدم في عدة مجالات من أهمها مايلي :

ـ إزاحة الأمونيا من أملاحها عند تسخين المزيج ولاسترجاع الأمونيا من السائل الأمونيوي في صناعة الغازات ، وفي طريقة **سولفي** .

ـ كمادة قلوية في معالجة التربة الحامضية .

ـ إزالة قساوة الماء .

ـ صناعة سلفيت هيدروجين الكالسيوم ـ المستخدم في صناعة الورق وذلك عن طريق إزالة اللجنين (Lignin) من الخشب تاركا السيللوز ـ وذلك بإمرار ثاني أكسيد الكبريت في محلول معلق من هيدروكسيد الكالسيوم في الماء وفق التفاعل التالي :

$$Ca(OH)_2 + 2SO_2 \longrightarrow Ca(HSO_3)_2$$

ـ صناعة المسحوق القاصر وذلك بامرار الكلور فوق هيدروكسيد الكالسيوم المرطب .وذلك وفق المعادلة التالية:

$$Ca(OH) + Cl_2 \longrightarrow CaOCl_2 + H_2O$$

ـ الكشف عن ثاني أكسيد الكربون

● كلوريد الكالسيوم

ينتج كلوريد الكالسيوم بكميات كبيرة كمنتج ثانوي من عمليات كيميائية مختلفة مثل عملية **سولفي** أو صناعة أكسيد البروبلين في عملية الكلوروهيدرين .

يأتي كلوريد الكالسيوم متحدا مع ست ذرات ماء ($CaCl_2.6H_2O$) ليكوّن بلورات جيدة الذوبان في الماء . ويستخدم في صناعة مواد البناء، وكعامل تجفيف للغازات، وكمادة رابطة، وكعامل مانع للتجمد، وكمادة إضافية للخرسانات الأسمنتية، وفي عمليات كيميائية وتعدينية مختلفة . كما ويستخدم أيضا في طين حفر آبار النفط الخام . إضافة إلى ذلك تستخدم محاليله المائية في المختبرات كحمامات مائية ذات درجات غليان أو درجات تجمد مختلفة حسب تركيز الكلوريد حيث تتدرج درجة الغليان من ١٠١ْ حتى ١٧٨ ، وتتدرج درجة التجمد من ٥٠ ر٠ْم حتى ـ ٥١ْم .

يصنع كلوريد الكالسيوم على شكل محلول مائي بتركيز ٣٠ـ٤٥٪ أو قشور بمحتوى ٧٥٪ من كلوريد الكالسيوم وذلك بتبخير المحلول الملحي النا تج من عملية سولفي تحت الفراغ ، ومن ثم التبخير تحت الضغط الجوي ، كما ويصنع كلوريد الكالسيوم أيضا من تفاعل حامض كلوريد الماء مع الحجر الكلسي .

● كربيد الكالسيوم

تتم صناعة كربيد الكالسيوم عن طريق تفاعل أكسيد الكالسيوم النقي جداً مع الفحم في فرن القوس الكهربائي . وتجري عملية الإختزال عند درجات حرارة تتراوح مابين ٢٠٠٠ إلى ٢٢٠٠ْم وذلك وفق التفاعل التالي :

$$CaO + 3C \longrightarrow CaC_2 + CO \quad H = 464KJ/.mol$$

ويكون حوالي ٨٠٪ من كربيد الكالسيوم المتشكل في البداية عبارة عن سائل ، ولكن تتم إزالته على شكل قوالب .

يستخدم كربيد الكالسيوم بشكل رئيسي في المجالات التالية :

ـ انتاج الأستيلين : ويتم بمعالجة كربيد الكالسيوم بالماء وفق التفاعل التالي:

$$CaC_2 + 2H_2O \longrightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

وهذا بدوره يستخدم في أعمال اللحام، وفي صناعة نوع خاص من حديد الصلب. وقد تراجع استخدام كربيد الكالسيوم للحصول على الإيثيلين نظراً لتوفر الأخير من عمليات تكسير البترول الخام والغاز الطبيعي.

ـ نزع الكبريت ومنع أكسدة (Deoxidization) الفولاذ والحديد الخام .

ـ انتاج سيان أميد الكالسيوم عن طريق تفاعله مع النيتروجين وفق معادلة التفاعل التالية :ـ

$$CaC_2 + N_2 \longrightarrow CaCN_2 + C$$

ـ إنتاج هيدريد الكالسيوم بتفاعل كربيد الكالسيوم مع الهيدروجين تحت ضغط مرتفع (طريقة رخيصة للانتاج طورت حديثا باليابان) .

السترونشيوم

يتواجد السترونشيوم في العالم بشكل أساسي في كل من المكسيك وأسبانيا وتركيا وبريطانيا .

تعد كربونات السترونشيوم أكثر خامات السترونشيوم أهمية حيث تستخدم في صناعة الشاشات الزجاجية للتلفازات الملونة والحاسبات ، والمواد المغناطيسية الحديدية والتحليل الكهربائي (ترسيب الرصاص والكادميوم).

كما وتستخدم نترات السترونشيوم في الألعاب النارية، وفي صناعة الإشارات الضوئية .

الباريوم

تتواجد خامات الباريوم بكثرة في الصين والولايات المتحدة والهند وروسيا، وليست هناك استخدامات أو تطبيقات كثيرة للباريوم المعدني في الصناعة، ولكن يمكن استخدامه كمادة قذف (Jetting Material) في صناعة الصنابير .

من جانب آخر يستفاد من مركبات الباريوم في الكثير من الصناعات، ومن هذه المركبات مايلي ـ

● **هيدروكسيد الباريوم**

يستفاد من حوالي ٩٠٪ من هذا المركب كمعلق للطين أثناء حفر حقول البترول والغاز، كما تستخدم في صناعة المواد المالئة في الدهانات ، والورنيش ، والصناعات البلاستيكية والمطاط ، والزجاج .

● **كبريتات الباريوم**

تستخدم كبريتات الباريوم($BaSO_4$) كمادة مالئة وصبغ أبيض (White Pigment) في صناعة الورق والدهانات والمطاط والبلاستيك وصناعة الليثبون ($BaSO_4 + ZnS$).

يتم إنتاج كبريتات الباريوم في الصناعة من تفاعل محلول سلفيد الباريوم مع كبريتات الصوديوم ، وذلك وفقا للمعادلة التالية :

$$BaS + Na_2SO_4 \longrightarrow BaSO_4 + Na_2S$$

● **كربونات الباريوم**

تأتي كربونات الباريوم ($BaCO_3$) بعد كبريتات الباريوم من حيث الأهمية الصناعية حيث تستخدم في صناعة مركبات الباريوم الأخرى ، وصناعة منتجات الخزف ، والبلاط الصلصالي ، والزجاج ، والورق الفوتوغرافي ، وفي صناعة النفط الخام .

تصنع كربونات الباريوم بإختزال كبريتات الباريوم – بواسطة الفحم – إلى سلفيد الباريوم ، وذلك عند درجات حرارة ١٠٠٠ إلى ١٢٠٠ م° وفي فرن دوَّار . بعدها يتم تفاعل محلول سلفيد الباريوم إما مع ثاني أكسيد الكربون أو مع كربونات الصوديوم لتترسب عندها كربونات الباريوم ، وذلك وفقا للتفاعلات التالية:

$$BaSO_4 + 4C \longrightarrow BaS + 4CO$$

$$BaS + CO_2 + H_2O \longrightarrow BaCO_3 + H_2S$$

$$BaS + Na_2CO_3 \longrightarrow BaCO_3 + NaS_2$$

● **سلفيد الباريوم**

يعد سلفيد الباريوم (BaS) مادة وسطية هامة في صناعة مركبات الباريوم وتستخدم في صناعة مادة الليثبون وسلفيد الهيدروجين .

بعوض لا يسبب الأمراض

يتسبب البعوض في أمراض كثيرة فتاكة مثل الملاريا والحمى الصفراء التي تقضي على حياة الكثيرين ، فضلاً عن ضررها الاقتصادي المتمثل في تأثيرها على صحة الملايين من الكوادر المنتجة، والأموال الباهظة التي تنفق على مكافحتها والعلاج منها.

وقد فشلت جميع المحاولات في القضاء على البعوض أو تصنيع أمصال ضد الأمراض التي ينقلها، وعليه هناك تفكير في استخدام الهندسة الوراثية لاستنباط سلالات لا تنقل الأمراض. وبالفعل وصلت جهود العلماء إلى خطوات متقدمة بنقل مورث يجعل من حشرات البعوض غير ناقلة للأمراض المذكورة.

قامت مجموعتان من الباحثين بجامعة كاليفورنيا إيرفاين، وجامعة نوتر ديم بولاية إنديانا الأمريكية بقيادة كلاً من **أنثوني جيمس** (Anthony A. James) **وفرانك كولنز** (Frank H Collins) ، بإضافة مورث يتميز بقدرته على تغيير لون عيون البعوض.

عند فحص خواص البعوض المحورة اتضح أن تغيير لون العيون مرتبط أيضاً بعدم المقدرة على نقل المرض، وبالتالي استنتج العلماء المذكورين أن نجاح نقل المورث المطلوب يدل عليه تغير لون العيون.

ويعلن كلا من **مارجريت كيدويل** (Margaret G. Kidwell) **وأليس واتام** (Alice R. Wattam) من جامعة أريزونا في توسن أن هذا الإنجاز يفتح المجال لإضافة وفحص منظومة مورثات أجنبية للشريط الوراثي للبعوض للبحوث الأساس وتطوير عدة طرق للمكافحة الإحيائية (Biological Control Methods) .

قام الباحثون باستخدام نوع من البعوض ينقل مرض الحمى - يسمى (Aede Aegpti) - وله عيون بيضاء بدلاً من الأرجواني الأسود ، وأجروا عليها عدة اختبارات لإمكانية تغيير عيونها إلى أحمر عن طريق إضافة مورث من ذبابة الفاكهة (Fruit Fly) .

تتلخص طريق إضافة المورث في قيام الباحثين بتقسيم الشريط الوراثي إلى عدة أجزاء يمكنها أن تنفصل من الكرموسومات وترتب نفسها في نفس المورث أو تدخل إلى مورث آخر، وقد قامت مجموعة **كولنز** (Collins) بربط جزء مورث لون العيون الخاص بذبابة الفاكهة بنظيره من الذبابة المنزلية. أما مجموعة **جيمس** (James) فقد قاموا بغرز نسخ من المورث الناتج من عيني ذباب الفاكهة والذبابة المنزلية في أجنة بعوض (Aede Aegpti) .

كانت نتيجة الغرز ولادة عدد من بعوض (Aede Aegpti) ذات العيون الحمر بدلاً من البيض. كذلك استمر ظهور البعوض ذات العيون الحمر حتى الجيل العاشر مما يؤكد نجاح عملية إضافة المورث المطلوب لإنتاج بعوض غير ناقل للأمراض.

ويفكر الباحثون في التوسع في استخدام تلك التقنية في زيادة البعوض المقاوم للمرض، وكذلك تحوير مورثات بعوض الأنوفيليس جامبي (Anopheles Gambiae) - المسؤول عن انتشار مرض الملاريا - لإنتاج بعوض أحمر العينين لا ينقل مرض الملاريا .

المصدر :

Science News, Vol. 153, April 1998. P. 213.

كتب صدرت حديثاً



مقاومة المواد

صدر هذا الكتاب باللغة العربية عام ١٤١٩هـ - (١٩٩٨م) عن مركز النشر العلمي بجامعة الملك عبد العزيز، وهو من تأليف **ف. سنجر وأ. بيتل/** وتعريب د. **عمر فاروق أفندي**، ود. **إياد عبد المجيد الزيدي**، ود. **وجيه محمد الدخاخني**.

جاء الكتاب في ٨٦٤ صفحة من القطع المتوسط متضمناً أربعة عشر فصلاً إضافة إلى ثلاثة ملاحق تشمل عزوم القصور الذاتي، والجداول، وثبت المصطلحات (عربي/انجليزي وانجليزي /عربي).

تناولت فصول الكتاب الأربعة عشر ما يلي:

الإجهاد البسيط، الإنفعال البسيط، الإلتواء، القص والعزم في العتب، الإجهاد في العتب، انحراف العتب، عتب مقيد الحركة، العتب المستمر، الإجهادات المركبة، العتب المسلح، الأعمدة، الوصلات المبرشمة والملحومة، موضوعات خاصة، والفعل غير المرن.

المجلة الإقتصادية السعودية

انضمت هذه المجلة إلى سلسلة إصدارات مركز النشر الإقتصادي بالرياض، وهي مجلة فصلية صدر العدد الأول منها في خريف عام ١٤١٩هـ.

يشرف على المجلة معالي الأستاذ **محمد العلي أبا الخيل**، ويرأس هيئة تحريرها الدكتور **إبراهيم بن عبدالعزيز المهنا**.

يبلغ عدد صفحات المجلة ١٩٠ صفحة من القطع المتوسط وتحتوي على مقالات اقتصادية إضافة لاستعراض أحد عشر كتاباً من الكتب الإقتصادية، والمؤشرات الإقتصادية.

تناولت المقالات: الخليج العربي وآسيا، والعلاقات النفطية، وآثار عملة اليورو على أسواق النقد العالمية، وأساسيات وتحديات التصحيح الإقتصادي في مجلس التعاون، ومخرجات التعليم العالي في السعودية وإتجاهات الإقتصاد الكلي، ودور الدولة في الإقتصاد الحديث، والاستثمار الأجنبي المباشر وتجربة الشرق الأوسط.

أما الكتب المستعرضة فقد تناولت مختلف المواضيع الإقتصادية لكتاب متخصصين، بينما تناولت المؤشرات الإقتصادية المؤشرات النفطية العالمية، ومؤشرات نقدية للملكة العربية السعودية، والمؤشرات الإقتصادية الكلية، ومؤشرات التعليم في دول مجلس التعاون.



الثيرموديناميك الكيميائي

قام بتأليف هذا الكتاب **د. سليمان بن حماد الخويطر، ود. عبدالعزيز بن عبدالله السحيباني**، وهو أحد إصدارات دار الخريجي للنشر والتوزيع لعام ١٤١٩هـ-١٩٩٨م.

يشرح الكتاب من خلال ٦٢٠ صفحة من القطع المتوسط مفهوم الثيرموديناميك الكيميائي في عشرة فصول تتناول بالترتيب: أفكار أساسية ومصطلحات ثيرموديناميكية، والشغل والحرارة والقانون الصفري في الثيرموديناميك، والطاقة الداخلية والقانون الأول في الثيرموديناميك، والكيمياء الحرارية، والقانون الثاني في الثيرموديناميك، وحساب تغيرات الإنتروبي والقانون الثالث، والحرارة الحرة (A) و(G)، والتوازن الكيميائي، والتوازنات الطورية وقاعدة الطور، والثيرموديناميك الإحصائي.

عرض كتاب

نظم الري بالتنقيط

عرض: د. علي بن عبد الله الجلعود

ألف كتاب نظم الري بالتنقيط الدكتور احمد بن إبراهيم العمود أستاذ الري بكلية الزراعة جامعة الملك سعود بالرياض، وصدرت الطبعة الأولى من الكتاب عن مطابع جامعة الملك سعود عام ١٤١٩هـ / ١٩٩٨م.

يحتوي الكتاب على ٣٧٤ صفحة من الحجم المتوسط مقسمة إلى مقدمة وتسعة فصول ومراجع عربية وأجنبية، كما يحتوي على قائمة بالرموز المستخدمة في هذا الكتاب وأخرى لكشاف الموضوعات الواردة في الكتاب باللغتين العربية والإنجليزية.

استهل المؤلف كتابه بالتركيز على أهمية إدارة مياه الري بالمملكة من خلال نظام يكفل أقل توزيع لها مع استعمال أقل كمية، ومن هنا جاءت أهمية الري بالتنقيط كنظام ذو كفاءة عالية في سبيل زيادة الإنتاج وتحسينه. وقد نوه المؤلف بأن نظام الري بالتنقيط أصبح من النظم الرائدة في الزراعة خاصة في محاصيل البيوت المحمية وأشجار الفاكهة والتمور.

ركز المؤلف في **الفصل الأول** من الكتاب على مفهوم الري بالتنقيط وأهميته كنظام للري في المناطق الجافة وشبه الجافة حيث أن كفاءة الري بالتنقيط مرتفعة، وقد أشار المؤلف إلى تبني المملكة لهذا النظام بسبب جدواه الإقتصادية في منطقة صحراوية شحيحة المياه كالمملكة، وقد شهدت المملكة توسعاً كبيراً في نظام الري بالتنقيط حيث زادت المساحة المزروعة والتي تم استخدام الري بالتنقيط فيها من ٦٦٦ هكتار عام ١٩٨١م إلى ٦٧٣٩ عام ١٩٩١م أي بزيادة حوالي ١٠٠٪ سنوياً.

وقد أوضح المؤلف في هذا الفصل مفهوم الري بالتنقيط ذاكراً أنه يتم فيه إعطاء النباتات كميات محسوبة من المياه والأسمدة الذائبة، وبمعدلات بطيئة على شكل نقط متواصلة أو منفصلة من خلال أدوات ميكانيكية - منقطات - موضوعة عند نقاط محددة على طول خطوط توصيل المياه.

كما تطرق المؤلف في هذا الفصل إيضاً إلى مميزات الري بالتنقيط وعيوبه ذكراً أن من أهم مميزاته التوفير في الري، والطاقة، وتحسين الإدارة الحقلية للمياه واستخدام الأسمدة والمبيدات مع الري، إضافة إلى المميزات العديدة الأخرى.

من جانب آخر ذكر المؤلف أن عيوب نظام الري بالتنقيط تتمثل في انسداد المنقطات، ومشاكل الأملاح، ومحدودية استخدامه فقط للمحاصيل البستانية، وعدم ملائمته اقتصادياً للمحاصيل الحقلية.

خصص المؤلف **الفصل الثاني** لأنواع الري بالتنقيط موضحاً أن منها:

١- أنظمة الري بالتنقيط السطحية وهي التي تكون فيها خطوط النقاطات على سطح التربة مما يسهل صيانتها وقياس معدلات التصرف فيها.

٢- أنظمة التنقيط تحت السطحية وفيها تكون الأنابيب الحاملة للمنقطات تحت التربة.

٣- نظام الري المتدفق أو ما يسمى بالنافورة (Bubler)، ويناسب هذا النظام المناطق الصحراوية لارتفاع معدل الصرف والذي يتراوح بين ٦٠ إلى ٤٥٠ لتر/ساعة.

٤- أنظمة الرش الصغيرة التي يتم فيها رش الماء فوق سطح التربة على شكل رذاذ يعمل على تغطية المساحة المراد ريها.

٥ - أنظمة الري المتذبذب، ويعمل على دورات زمنية متتالية تحتوي على طور تشغيل وتصريف وطور توقف. وقد ذكر المؤلف محاسن هذا النظام لكفاءته العالية فضلاً عن أنه يقلل من مخاطر الإنسداد.

٦- أنظمة الري المتحركة وتتميز بدقة في توزيع المياه وتجانسها، وقلة العمالة المطلوبة.

كما شمل هذا الفصل مكونات أنظمة الري بالتنقيط والتي تبدأ من وحدة الضخ إلى مركز التحكم، وشبكة الأنابيب، والمنقطات.

تطرق المؤلف في **الفصل الثالث** إلى المفاهيم الأساسية في نظام الري بالتنقيط والتي أشار فيها المؤلف إلى أهمية فهم العلاقة التي تربط بين النبات والماء والتربة ودورها في تصميم نظم الري بالتنقيط وحساب الاحتياجات المائية والغسلية وعمق مياه الري، وقد شمل هذا الفصل معادلات رياضية مفيدة لمهندس الري ومصممي أجهزة الري بالتنقيط.

ومما يجدر ذكره أن المؤلف ركز في هذا الفصل على حساب الإحتياجات الغسلية والتي تعتبر عاملاً مهماً لنجاح أي نظام ري في المناطق الجافة وشبه الجافة وعلاقاتها بالتحكم في



الأملاح التي تتركز بالتربة، وطرق خفضها، ودراسة العلاقة بين الإحتياجات الغسلية ونوعية مياه الري والبخر نتح للنبات.

تطرق المؤلف في **الفصل الرابع** من الكتاب إلى كيفية اختيار المنقطات حيث اعتبر أن اختيار المنقطات من أهم الخطوات التي يجب التركيز عليها عند تصميم نظم الري بالتنقيط وخضوعه للاعتبارات العملية والإجتهادات، وأن اختيار المنقطات يؤثر على كفاءة نظام الري بالتنقيط، ويجب أن تكون هناك معايير هامة وأساسية عند اختيار المنقطات مثل نوع المحصول، ونوعية مياه الري، والمسافة بين الأشجار، إضافة إلى التكلفة والإدارة الحقلية والتشغيل.

تطرق المؤلف في **الفصل الخامس** إلى تصميم نظام الري بالتنقيط واعتبر أن تصميم نظام الري بالتنقيط هي العملية التي يتم من خلالها إيجاد عناصر النظام مثل كمية مياه الري، وطاقة التشغيل، وطول أقطار الأنابيب، ذاكراً أن تصميم نظام الري بالتنقيط يحتاج إلى معلومات أساسية هي مساحة الحقل، المناخ، نوع التربة، والنبات، ومصادر المياه التي يتم من خلالها حساب الاحتياجات المائية، وتصميم شبكة الري، وحسابات الفواقد.

وقد أورد المؤلف في هذا الفصل أمثلة رياضية جيدة تساعد مصممي نظام الري بالتنقيط في اختيار المناسب من المنقطات، والأنابيب وشبكة الري الرئيسة والخطوط الفرعية.

تحدث المؤلف في **الفصل السادس** عن عوامل انسداد المنقطات والمرشحات وأسبابها ذاكراً أن من أهمها وجود شوائب طبيعية أو كيميائية أو حيوية، وقد أورد المؤلف أن علاج انسداد المنقطات والمرشحات يتم بإضافة بعض المواد الكيميائية التي لا تؤثر على النباتات مثل الكلور وحامض كلوريد الهيدروجين أو الكبريت، كما أنه ناقش بعض الطرق التي تمنع المنقطات والمرشحات من الإنسداد. وهي: تنقية المياه وترشيحها باستخدام مرشحات خاصة

وأنواع هذه المرشحات.

نوقش في **الفصل السابع** إضافة المخصبات (الأسمدة) والمواد الكيميائية بواسطة نظام الري بالتنقيط والتي إما أن تكون مواد محسنة مثل الأسمدة والمبيدات، وهذه يستفيد منها النبات، أو مواد معالجة تستخدم لوقاية نظام الري ومنع الإنسداد.

ألمح المؤلف إلى مزايا وعيوب الري بالتنقيط باستخدام المواد الكيميائية مع الري، وكذلك معايير إضافة المواد الكيميائية من خلال نظام الري بالتنقيط والأجهزة المستخدمة لإضافة المواد الكيميائية بالري بالتنقيط، مع أمثلة لحساب معدل حقن الأسمدة.

أوضح المؤلف في **الفصل الثامن** التحكم الآلي في نظم الري بالتنقيط، وهي استخدام أجهزة الحاسوب في تشغيل نظام الري بالتنقيط والتي تزيد من دقة الري وكفاءته وتوفير العمالة والطاقة، ذاكراً أن استخدام أجهزة التحكم في نظام الري بالتنقيط يمكن أن توفر ما بين ١٠ ـ ٣٠٪ من الماء و ١٥ ـ ٣٥٪ من الطاقة، فضلاً عن توفيرها للعمالة من خلال الجدولة بالتحكم الآلي التي يتم تشغيلها آلياً بربط العلاقة بين رطوبة التربة ورطوبة النبات والمعلومات المناخية.

ركز المؤلف في **الفصل التاسع** على الأداء الحقلي وتقييم أنظمة الري بالتنقيط وأهمية هذا التقييم للمزارع لمعرفة كفاءة النظام، ولمهندس الري للتأكد من كفاءة التصميم، ولفني الصيانة لمعرفة طريقة التشغيل المثلى للنظام والإجراءات التي يجب اتباعها لتحديد الصيانة.

وقد اوضح المؤلف في هذا الخصوص أن طريقة التقييم تتم بحساب انتظام سريان المنقطات.

يعتبر الكتاب مرجعاً جيداً حيث أنه من الكتب المرجعية التي كتبت باللغة العربية عن أنظمة الري بالتنقيط، ويحتوي على معلومات علمية في مجال أحد أنظمة الري ذات الكفاءة العالية ويمكن تبنيها في المناطق الجافة وشبه الجافة لتوفير المياه، كما يحتوي علي معلومات مفيدة من الناحية التطبيقية للمزارع، وللمهندس الزراعي، ومصمم شبكات الري بالتنقيط.

وقد أورد المؤلف أمثلة حسابية ومعادلات رياضية وجداول يستفيدمنها المختصين في الري لحل بعض المشاكل التي تواجه مستخدمي نظام الري بالتنقيط لرفع كفاءة استخدام مياه الري في المزارع الحديثة.



مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
تساهم
في المؤتمر الهندسي السعودي الخامس

ذو القعدة ١٤١٩هـ (فبراير/١٩٩٩م)

ينعقد المؤتمر الهندسي السعودي تحت شعار «**الهندسة ودورها في الحفاظ على المكتسبات الوطنية**»

ينظم المؤتمر

كلية الهندسة والعمارة الإسلامية ـ جامعة أم القرى

بالتعاون مع

الإدارة العامة للأشغال العسكرية ـ وزارة الدفاع والطيران

ويشارك عدد من منسوبي **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** في اللجان المختلفة للمؤتمر (التنظيمية، التنسيقية، العلمية)

ويتطرق المؤتمر إلى المحاور التالية :

* التخطيط والمنهجية للحفاظ على المكتسبات الوطنية.
* دور الهندسة في دعم الاقتصاد الوطني.
* التأثير البيئي والتقني.
* التشغيل والصيانة والترشيد.
* تقنية المعلومات.

ويأتي انعقاد المؤتمر الهندسي السعودي الخامس ضمن سلسلة من المؤتمرات بدأت بالمؤتمر الهندسي السعودي الأول الذي عقد بجامعة الملك عبد العزيز عام ١٤٠٣هـ، والمؤتمر الهندسي السعودي الثاني بجامعة الملك فهد للبترول والمعادن عام ١٤٠٦هـ، والمؤتمر الهندسي السعودي الثالث بجامعة الملك سعود عام ١٤١٢هـ، والمؤتمر الهندسي السعودي الرابع بجامعة الملك عبد العزيز عام ١٤١٦هـ.

مصطلحات علمية (*)

* وزن حقيقي **Actual weight**

وزن المادة بدون وزن الهـواء الذي يتخلل مسامها .

* عامل إضافة **Addition Agent**

بعض المركبات ـ مثل فوق أكسيد الهيدروجين والكحول المثيلي ـ التي تضاف إلى البوليمرات لتكوين النهايات الطرفية لسلاسلها .

* إلتصاق **Adhesion**

قوة جذب تحدث بين جزيئات أو ذرات المواد المختلفة مكونة رابطة قوية بين الأوجه المختلفة ، ومن أمثلة ذلك التجاذب بين ذرات فلزات اللحام المالئة وذرات المادة الاصلية.

* تصليد بالزمن **Age Hardening**

زيادة صلادة المادة ـ غالباً الفلزات أو السبائك ـ مع الوقت ، ويحدث ذلك بعد عمليات التبريد السريع للمواد من درجات الحرارة العالية إلى درجات الحرارة العادية ، أو نتيجة تشكيل الفلزت على البارد .

* تجويف هوائي **Air Cavity**

أحد أنواع العيوب الحجمية في الفلزات والسبائك الناتجة عن الصب والسباكة ، وتشبه الفقاعات الهوائية إلا أن تجويفها أكبر حجماً .

* غير متبلورة **Amorphous**

مادة توجد ذراتها أو جزيئاتها في حالة عدم انتظام أو ليس لها ترتيب بلوري معين.

* إزدواجية **Amorphoteric**

سلوك بعض المواد الكيميائية أحياناً كحامض وأحياناً كقاعدة وفقاً لظروف التفاعل.

* تلدين **Annealing**

تسخين المادة ـ غالباً الفلزات والسبائك ـ إلى درجة حرارة معينة لفترة زمنية محددة ثم تبريدها بمعدل مناسب، وذلك لخفض صلادتها وتحسين بعض خواصها الميكانيكية ، وكذلك الحصول على بنية ذات حجم حبيبات معين للوصول إلى خواص فيزيائية وميكانيكية معينة.

* قوام طفالي **Clay Body**

خليط من المواد الطينية والمواد غير البلاستيكية تم خلطها معاً للوصول إلى صفات أفضل من الطفال .

* تحلل **Decomposition**

تحويل المركبات المعقدة إلى مكوناتها الأولية أو مركبات أبسط من المركب الأصلي ، ويرتبط ذلك التعبير في الغالب بالمواد البوليمرية، حيث تتحلل البوليمرات المعقدة كبيرة البنية إلى عدد من المونمرات الأحادية الأولية .

* فلز مرسب **Deposited Metal**

ترسب الفلزات إما بالترسيب الكهروكيميائي باستخدام الخلية الكهروكيميائية أو بالتسخين إلى درجة التبخير على سطح المادة ثم التبريد .

* ماص للحرارة **Endothermic**

تفاعل تكون فيه طاقة المواد الناتجة من التفاعل أعلى من طاقة المواد الداخلة فيه ، ويزيد معدل هذا التفاعل بزيادة درجة الحرارة .

* فلز صلد **Hard Metal**

فلز يمكنه خدش المواد الأخرى دون أن تترك أثراً فيه .

* شوائب دخيلة **Inclusions**

جسيمات من الشوائب غير المعدنية موزعة في بنيان المواد الفلزية الجامدة .

* نظائر جزيئية **Isomers**

جزيئات ذات تركيب كيميائي واحد إلا أنها تختلف في ترتيب الذرات وبالتالي تختلف في خواصها .

* طلاء **Plating**

تغطية سطح المادة بطبقة من الطلاء ، لزيادة مقاومتها للتآكل ، وأحياناً تستخدم لأغراض الزخرفة .

* صدأ **Rust**

منتجات التآكل الكيميائي التي تحتوي على أكاسيد الحديد المميه .

* إنعزال **Segregation**

تجميع المكونات المختلفة لمركب ما في مناطق محددة، مما يؤدي إلى تغاير في تركيب وخواص هذا المركب .

* انتشار ذاتي **Self Diffusion**

تحرك عضوي لذرة من موقعها إلى موقع آخر في بلورة مادة من نفس الفصيلة ، ومثال ذلك حركة ذرة النحاس في داخل بلورة من مادة النحاس نتيجة ارتفاع طاقة المادة .

* الاستطالة النهائية

Ultimate Elongation

أقصى استطالة في المادة عند اختبارها ، وهي الطول النهائي (عند انتهاء الاختبار) مطروحاً منه الطول الأصلي (قبل الاختبار).

* إلتحامية (قابلية اللحام)

Weldability

قابلية المادة للإلتحام أو الوصل بنفسها أو بمادة أخرى ، وذلك من خلال التسخين والضغط أو باستخدام مادة لحام أو مادة مالئة.

المصدر :

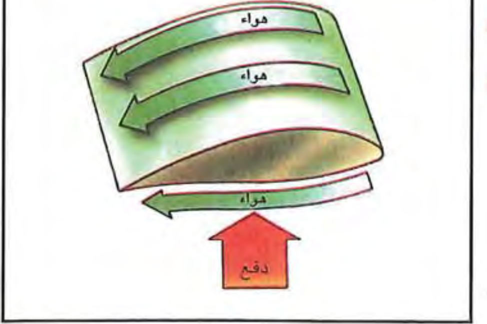
الدهشان وآخرون «معجم المصطلحات العلمية لعلوم هندسة المواد» ، جامعة الملك سعود، ١٩٩٧م .



من أجل فلذات أكبادنا

كيف تطير الطائرة؟

من المعلوم أن البالونات والمناطيد تبقى معلقة في الهواء، لإن الغازات التي توجد بداخلها أخف من الهواء الخارجي ، لكن الطائرات تصنع من مواد أثقل من الهواء ، ومع ذلك تطير في الهواء وتبقى فيه ، فما هو السبب؟ يعود ذلك إلى شكل الأجنحة التي تعمل على إحداث فرق بين ضغط الهواء فوقها وتحتها، فلو نظرنا إلى الأجنحة من الأمام لوجدنا أن سطحها العلوي محدب بينما سطحها السفلي يكون مستوياً وهذا يجعل الهواء الذي يمر من فوق الجناح يقطع مسافة أطول من المسافة التي يقطعها الهواء المار من أسفله ، شكل (١) وهذا بدوره يجعل الضغط أسفل الجناح أكثر من الضغط فوقه ، مما يؤدي إلى رفع الطائرة وإبقائها في الجو، ويمكن تمثيل هذا المبدأ العلمي بالتجربة البسيطة التالية:



● شكل (١) .

● شكل (٢) .

● الأدوات

ورقة مقاس A4 ، شريط لاصق .

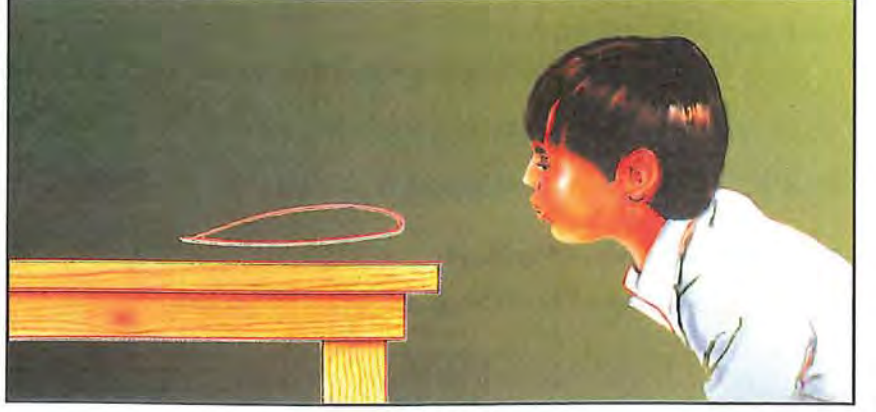
● خطوات العمل

١ـ إطو الورقة من منتصفها، ثم ثبت بإستخدام الشريط اللاصق حافة النصف العلوي للورقة بعيداً إلى الداخل عن حافة النصف السفلى بحوالي ٢سم ، وهذا سيؤدي إلى تقوس النصف العلوي بينما يبقى النصف السفلى مستوياً ، شكل (٢).

٢ـ ضع الورقة قريبة من حافة طاولة بحيث تكون جهة طي الورقة مواجهتك ، ثم ضع فمك على مستوى حافة الطاولة ، وانفخ باتجاهها .

● المشاهدة

ستشاهد أن الورقة ترتفع عن سطح الطاولة، وتبقى سابحة في الهواء كما يحدث في الطائرات ، شكل (٣) .



● شكل (٣) .

المصدر :

- Young Scientist , Discovering Gases, P. 18.



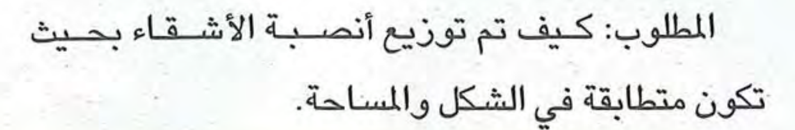
مساحة التفكير

مسابقة العدد

الـورثـــة

توفى أحمـد وترك مزرعة مربعة الشكل لورثته المكونة من زوجة وأربعة أشقاء دون غيرهم .

وبعد خصم نصيب الزوجة ـ الربع ـ من المزرعة بقي ٣ / ٤ المزرعة ليتم توزيعه على الأشقاء الأربعة بالتساوي .



المطلوب: كيف تم توزيع أنصبة الأشقاء بحيث تكون متطابقة في الشكل والمساحة.

أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة « **الورثة** » فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي : ـ

١ـ ترفق طريقة الحل مع الإجابة .

٢ـ تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء .

٣ـ يوضع عنوان المرسل كاملاً .

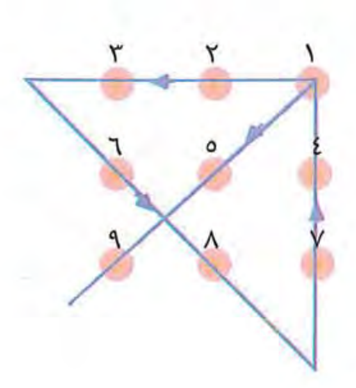
سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل ، وسيمنح ثلاثة منهم جوائز قيمة ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله .

حل مسابقة العدد السابع والأربعين

النقاط التسع

قراءنا الأعزاء :

هناك أكثر من طريقة للحل حيث يمكن بدء الخط من أي ركن من الأركان التي توجد فيها النقاط التسع، ومن هذه الحلول ما يلي:ـ



١ـ نبدأ برسم خط مستقيم بين النقاط ١و٢و٣ بحيث يتجاوز النقطة ٣ قليلاً إلى اليسار.

٢ـ نستمر برسم خط مستقيم من نهاية الخط السابق (على يسار النقطة رقم٣) بحيث يصل هذا الخط الجديد النقطتين رقم ٦ و ٨، ويتجاوز النقطة رقم ٨ قليلاً إلى أسفل.

٣ـ من نهاية الخط السابق نستمر برسم خطاً مستقيماً إلى الأعلى يربط النقاط رقم ٧و٤ و ١ .

٤ ـ من نهاية الخط السابق (أي من النقطة رقم ١) نستمر في رسم خط مستقيم يربط النقاط ١و٥ و ٩.

وبهذا يكون قد تحقق المطلوب وبالشروط المطلوبة .

أعزاءنا القراء

تلقت المجلة العديد من الرسائل التي تحمل حل مسابقة **العدد السابع والأربعين « النقاط التسع »** ، وقد تم استبعاد جميع الحلول التي لم تستوف شروط المسابقة ، وكذلك الرسائل التي وصلت متأخرة عن الموعد المحدد . وبعد فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كل من : ـ

١ـ عبد الله بن سلطان الحسين ـ الرياض

٢ـ عتيق بن سعيد الزهراني ـ الرياض

٣ـ محمد بن إبراهيم بن علي عسيري ـ أبها

ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدايا قيمة ، سيتم إرسالها لهم على عناوينهم ، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد القادمة .

كيف تعمل الأشياء

مكتشف القطع المعدنية

إعداد : د. ناصر بن عبد الله الرشيد

هل حدث أن وجدت قطعة معدنية مطمورة في التربة ؟ كيف تم العثور عليها ؟ يمكنك أن تبدأ بالحفر في أي مكان على أمل أن تجد شيئاً ما ، ولكن بإمكانك إستخدام مكتشف المعادن لتحديد مكان القطعة المعدنية المطمورة تحت سطح الأرض بالضبط. يستفيد مكتشف القطع المعدنية من الخاصية المغناطيسية.

المكونات

يتكون مكتشف المعادن ،شكل(١) الذي يستخدم للكشف عن قطع النقود المعدنية المدفونة في التربة وغيرها من الأجزاء الرئيسية التالية:

١- ملف كهربائي مستوي مثبت في أحد نهايتيه إلى قطب قصير (Short pole) والنهاية الأخرى تنتهي في المقبض.

٢- صندوق يحتوي على بطارية ودوائر إلكترونية (Electronic cercuits)

طريقة العمل

عندما يحرك مستخدم الجهاز الملف فوق سطح الأرض ، تصدر البطارية تياراً كهربائياً ، فتتولد موجات مغناطيسية من الملف، شكل (٢) تجعل أية قطعة معدنية مطمورة في التربة (مثل النقود المعدنية) تولد موجات مغناطيسية خاصة بها، شكل (٣). فترتد هذه الموجات، وعندما يستقبل الكاشف تلك الموجات تومض لمبة موجودة في المقبض ، وبالتالي يتحدد موقع تلك القطع، شكل (٤).

المبدأ العلمي

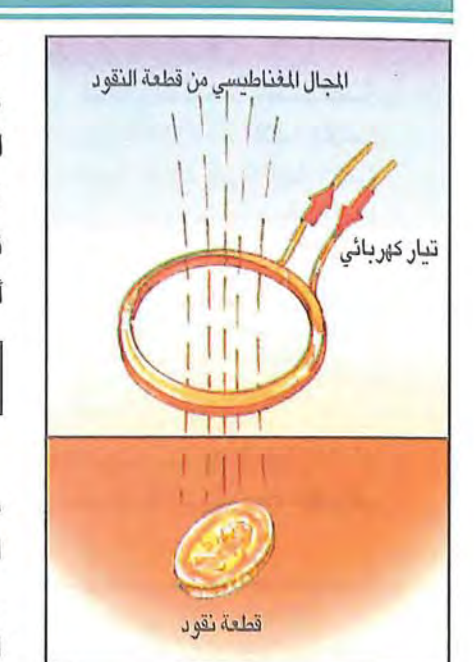
يولد المجال المغناطيسي حول الملف المتحرك نوع من التيار الكهربائي الدائري (Circular electric current) يطلق عليه إسم تيار إيدي (Eddy current) .



● شكل (١) مكونات جهاز مكتشف المعادن .



● شكل (٢) المجال المغناطيسي الصادر من الملف .



● شكل (٣) المجال المغناطيسي المرتد من القطعة المعدنية.

تعمل تيارات إيدي على توليد مجالات مغناطيسية حول الأشياء المعدنية المطمورة في التربة فتقوم الدوائر الإلكترونية برصدها، فتومض اللمبة، ممايدل على وجود أشياء معدنية.

الإستخدامات

يستخدم مكتشف المعادن - بالإضافة إلى إستخدامه في إكتشاف المعادن المطمورة في التربة - فيما يلي:

- في مكائن البيع الآلي، وذلك لفحص العملات المستخدمة للشراء فيما إذا كانت حقيقية أم مزيفة.
- في المطارات لكي يتمكن رجال الأمن من إكتشاف الأسلحة الخطيرة مثل البنادق التي يجب عدم حملها على متن الطائرة خوفاً من إستخدامها في إختطاف الطائرات والإرهاب.
- في تنظيم حركة المرور في بعض التقاطعات بين الشوارع الرئيسية والفرعية، حيث تقوم بإعطاء الضوء الأخضر للشوارع الفرعية عندما توجد فيه مركبات فقط.

المصدر:-

Young Scientist, Magnetic power Vol 11, p 46-47

● شكل (٤) أرتداد الموجات المغاطيسية الصادرة من القطعة المعدنية بسبب الموجات المغناطيسية الصادرة من جهاز المكتشف.



استرجاع وإعادة استخدام طفلة التبييض من مصانع تكرير زيت الطعام السعودية

قامت مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بدعم مشروع بحثي برقم أ.ت. ١٤ ـ ٢٥ بعنوان « استرجاع وإعادة استخدام طفلة التبييض من مصانع تكرير زيت الطعام السعودية »

تم إجراء البحث ـ الباحث الرئيس د. عبد الرحيم أحمد الزهران بكلية الهندسة جامعة الملك عبد العزيز ـ في الفترة من ١/ ١٠/ ١٤١٤هـ ـ إلى ١/ ١٠/ ١٤١٦هـ .

أهداف البحث

يهدف البحث إلى ما يلي :

١ ـ تخفيض استيراد طينة التبييض

٢ ـ تجنب المخاطر البيئية الناجمة عن رمي الطينة المستهلكة في المزابل العامة .

٣ ـ تجنب حدوث الاشتعال الذاتي للزيت الذي تحتويه الطينة .

٤ ـ بحث تأثير العوامل المختلفة علي عملية استرجاع الزيت من طينة التبييض المستهلكة.

٥ ـ زيادة كفاءة استخلاص الزيت من طينة التبييض .

خطوات البحث

شملت خطوات البحث ما يلي:

١ ـ تحليل الطينة ـ عبارة عن سيليكات الألومنيوم المستوردة من شركة (Best Foods) الأمريكية ـ الطازجة والمستهلكة لتحديد نسبة الرطوبة ، والكثافة الظاهرية ، ونسبة الزيت الموجودة فيها ، والرقم الهيدروجيني ، والمساحة السطحية ، والتركيب المعدني.

٢ ـ تحديد نسبة استرجاع الزيت من الطينة المستهلكة باستخدام طريقتي الغليان في محلول قاعدي ، والاستخلاص بالمذيبات العضوية.

* **طريقة الغليان :** وتم فيها معالجة الطينة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم عند عدة تراكيز تتراوح ما بين ٠,٥ إلى ٩٪ وعند درجة غليان المحلول في وجود محلول كلوريد الصوديوم ـ الهدف منه تخفيض الشد السطحي بين الزيت والطين ـ بتركيز يتراوح من ٢ إلى ٨ ٪ .

بجانب ذلك تم دراسة عاملي نسبة الماء إلى الطينة (١ إلى ٦) وزمن التفاعل (١٥ ـ ٦٠ دقيقة) لمعرفة الظروف المثلى لاسترجاع الزيت من الطينة.

* **طريقة المذيبات :** وتهدف إلى تحديد المذيبات المناسبة ، وكمياتها وكذلك الظروف المثلى للاسترجاع . وقد كانت المذيبات المختارة هي : ميثيل إيثيل كيتون، وثنائي كلوريد الميثان، وإيثر البترول ، والبنزين، والإيثانول ، والكلوروفورم، وثلاثي كلوريد الإيثيلين، والميثانول ، والهكسان، وخليط البنزين والإيثانول (بنسبة ١٥ إلى ١) .

بعد البحث عن المخاطر الصحية للمذيبات واستبعاد المذيبات السامة أو المسرطنة انحصرت المذيبات الصالحة للتجربة في مثيل إيثيل كيتون، والأسيتون ، وإيثر البترول، والهكسان.

تم إخضاع المذيبات الصالحة لدراسة مفصلة لدراسة تأثير عوامل مختارة ـ نسبة المذيب إلى الطينة وزمن الاستخلاص ومعدل الخلط ـ على نسبة استخلاص الزيت .

نتائج البحث

انحصرت نتائج البحث فيما يلي :

١ ـ كانت أعلى نسبة لاسترجاع الزيت من طينة التبييض بطريقة الغليان ٨٧٪، وقد تحققت تلك النسبة تحت الظروف التالية:

- هيدروكسيد صوديوم بنسبة تركيز ٥٪ .
- كلوريد صوديوم بنسبة تركيز ٣٪ .
- كمية الماء إلى الطينة المستهلكة ٤ : ١ .
- زمن تفاعل ٣٠ دقيقة .

٢ ـ اتضح أن ميثيل إيثيل كيتون هو أفضل المذيبات لاستخلاص الزيت من الطينة حيث وصلت نسبة استخلاصه ٧٢٪ تحت الظروف المثلى التالية :ـ

- كمية المذيب للطينة المستهلكة ٤ : ١.
- زمن استخلاص خمس دقائق .
- معدل الخلط ١٥٠ دورة /دقيقة .

٣ ـ كانت الظروف المثلى لتنشيط الطينة المستهلكة بالحرارة ـ نسبة التبييض ٩١,٤٪ ـ كما يلي :

- درجة حرارة ٥٥٠ °م.
- زمن تنشيط ١٢٠ دقيقة.

٤ ـ اتضح أن تنشيط الطينة بعد إزالة الزيت بالحرارة أو المذيبات بحامض كلوريد الهيدروجين أو حامض الكبريت المخفف يحقق نسبة تنشيط أكثر من ١٠٠٪.

٥ ـ في حالة تنشيط الطينة بالأحماض بعد معالجتهاحرارياً طرأ تحسن طفيف في نسبة تبييضها مما يشجع على إمكانية استخدام الطينة المعالجة حرارياً دون تنشيط إضافي .

٦ ـ تعد عملية الاستخلاص باستخدام الميثيل إيثيل كيتون ثم المعالجة بحامض الكبريت ذات جدوى اقتصادية مقارنة بالطرق الأخرى.

العلاج الكيميائي أولاً لسرطان الثدي

أظهرت نتائج بحوث حديثة أن البدء بالعلاج الكيميائي لسرطان الثدي عند النساء قبل إجراء عملية إزالته بالجراحة يفيد بإذن الله في استئصاله.

يهدف البدء بالعلاج الكيميائي إلى تقليص حجم الورم السرطاني ـ سواء في المرحلة الأولى أو الثانية من سرطان الثدي ـ وتجميعه في جزء صغير منه لتتم إزالته بالجراحة لاحقاً.

تم إجراء الدراسة المذكورة على ١٥٠٠ إمرأة مصابة بسرطان الثدي، فوجد الباحثون أن حجم السرطان في ٨٠٪ من المريضات المذكورات قد تقلص بشكل معنوي مما زاد في عدد العمليات الجراحية الناجحة لإزالة تلك الأورام إلى الضعف، وجعل المعالجة الكيميائية تكتسب أهمية في حصر الخلايا السرطانية في بؤرة صغيرة وعدم انتشارها، فضلاً عن إزالة جزء صغير من الثدي، مما حسن من حياة النساء المصابات.

وقد وجد الباحثون أن المعالجة الكيميائية بمضادات السرطان مثل دوكسوربيسين (Doxorubicin) وسيكلوفسفومايد (CyclophosPhamide) تجعل من الممكن ـ وبسهولة ـ إجراء الجراحة لإزالة الأورام السرطانية، إضافة إلى أنها تقلل من فرص ظهور العقد الليمفاوية في الحالات المتأخرة من سرطان الثدي.

تم إخضاع نصف عينة الدراسة المذكورة إلى أربع دورات بالعلاج الكيميائي قبل الجراحة، بينما خضع النصف الآخر إلى نفس العلاج ولكن بعد الجراحة. وقد أظهرت النتيجة فائدة العلاج الكيميائي قبل الجراحة ليس فقط في ضمور السرطان في ٨٠٪ من النساء الخاضعات له، ولكن أيضاً في اختفاء العقد الليمفاوية (Lymph Nodes) في ٣٧٪ منهن، وكذلك زيادة معدل نجاح عمليات الإزالة الجراحية بنسبة ١٢٪. وفضلاً عن ذلك فإن الأورام ذات الحجم الكبير ـ ٥,١سم أو أكثر ـ أمكن إزالتها في حوالي ١٧٥٪ من الحالات مقارنة بالعلاج بعد الجراحة.

وللقضاء على المرض نهائياً توصي الدراسة على ضرورة إجراء المعالجة الكيميائية كخطوة أولية هامة قبل استئصاله خاصة في الحالات المتأخرة من المرض.

المصدر:

htt://207.187.155 NCI _ CANCER_T

بكتيريا لتحليل ملوثات الفضاء

يعمل العلماء السوفيت على استنباط مجموعة من البكتيريا لها المقدرة على تحليل الملابس الداخلية ـ المصنوعة من القطن والورق ـ لملاحي المركبات الفضائية منتجة منها غاز الميثان الذي يمكن الاستفادة منه كطاقة في المركبة.

ويذكر العالم **فياشسلاف لين** (Vyacheslav Ilyin) مدير المشروع ورئيس مختبر بيئة الأحياء الدقيقة التابع لمركز معهد الأحياء والطب بموسكو، أن هذا الإنجاز يمثل ثورة في علوم التحلل الحيوي (Biodegradation)، ويضيف **لين** أن وحدة التحلل يمكنها القضاء على المواد البلاستيكية والسيليلوزية التي تمثل مشكلة بيئية حادة في المركبات الفضائية.

يبلغ معدل الملوثات الصادرة من الشخص الواحد في الفضاء حوالي ٢,٥ كيلوجرام أو ٩ لترات من المواد غير المضغوطة لليوم الواحد، وللتحكم في هذه الكمية لأقل معدل يضطر العاملون في مركبات الفضاء تغيير ملابسهم الداخلية كل أسبوع بسبب شح تجهيزات غسيل الملابس بالمركبة رغم احتواء المركبة **مير** (Mir) على مكان للاستحمام.

وتوجد داخل المركبة **مير** صناديق لتخزين القمامة ليتم حرقها عند وصول المركبة المجال الأرضي، ولكن تكمن المشكلة في أن المركبة لا تصل إلى المجال الأرضي إلا كل ستة شهور مما يؤدي إلى تراكم صناديق القمامة وأخذها حيز كبير من السفينة، فضلاً عن خطورتها البيئية والصحية.

يتوقع أن تكتمل عملية اختيار المجموعات المناسبة من الميكروبات القادرة على تحليل القمامة في مركبات الفضاء حوالي عقد من الزمن، حيث يتم تخزين وإنتاج سلالات عديدة من هذه الميكروبات في المختبرات الوطنية والعالمية، ويتوقع أن تكتمل وحدة الميكروبات المنظفة لبيئة المركبات الفضائية عام ٢٠١٧م موعد انطلاق المركبة الروسية للمريخ التي تحمل بداخلها عدداً من ملاحي الفضاء.

المصدر:

http://exoci. com/news/132.html

طاقة نظيفة من القمر

يبدو أن للقمر مستقبل زاهر بسبب ما يحتويه من مصادر للطاقة النظيفة المتمثلة في وجود كميات كبيرة من الهيليوم ـ ٣ [Helium-3] أحد نظائر الهيليوم الشحيحة في الكرة الأرضية، والتي من المؤمل أن تكون أحد مصادر الطاقة الأندماجية للقرن القادم ـ إن شاء الله ـ بسبب كفاءته في إنتاج طاقة نظيفة فضلاً عن وفرته في القمر.

وقد انتهي فريق مكون من علماءُ الأرض وفلكيون من جامعتي أريزونا وهاواي من وضع خريطة لأماكن تواجد الهيليوم ـ٣ في القمر، وذلك بناءً على عدة عوامل تم تحليلها ونشرها حديثاً بعنوان «تقديرات الهيليوم ـ٣ الناجم عن الرياح الشمسيه في القمر».

وتشمل العوامل التي بنيت عليها التقديرات المشار إليها في جهة معينة من القمر كلا من زمن تعرض مواد سطح القمر للجو المحيط، وكمية الجسيمات المشحونة بما فيها الهيليوم ـ ٣ الصادرة من الشمس (الرياح الشمسية)، وكمية التيتانيوم (Titaniam) الموجودة في تربة القمر. تكمن أهمية التيتانيوم في أن معدن الإلمينيت (Ilmenite - $FeTiO_3$) يمكنه أن يحتفظ بالهيليوم ـ ٣ الصادر من الرياح الشمسية أكثر من أي معدن آخر موجود بالقمر. وعليه فإنه كلما كان عمر التربة طويلاً كلما زادت كمية الهيليوم ـ٣ في القمر، بسبب طول تعرضها للرياح الشمسية، وأيضاً بسبب احتوائها على كتل صغيرة من التربة تساعد على امتصاص الهيليوم ـ ٣ مقارنة بالكتل الكبيرة التي تتواجد في التربة حديثة التكوين. كذلك وجد الفريق أن الأرض تحجب القمر من الرياح الشمسية، ولذلك فإن الجزء المقابل لها أقل حظاً في وصول تلك الرياح إليه، وبالتالي تقل فيه كمية الهيليوم ـ ٣.

ويستنتج العلماء أن أكبر كمية من الهيليوم ستكون في الجزء البعيد من الأرض، أي ما يعرف ببحار (Seas) القمر، بسبب الكميات الهائلة من الرياح الشمسية التي تصل إليها والنسبة العالية لأكسيد التيتانيوم (TiO_2) فيها.

وينبني هذا الاستنتاج من نتائج تحليل صخور من القمر جاء بها ملاحو المركبة أبولو، وخرائط المعادن الصادرة من مركبة الفضاء (Clementine).

المصدر:

http://exoci. com/news/129.html



مع القـــراء

الأخوة القراء الكرام

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته وبعد :-

أهلاً بكم مع هذا العدد الجديد من مجلة العلوم والتقنية ويأتي صدور هذا العدد بعد أيام من حلول عيد الفطر السعيد ، وكل عام وأنتم بخير .

● **الأخ / أحمد عبد الله إبراهيم - البحرين**

أهلاً بك قارىء جديد ، في مجلة العلوم والتقنية.

● **الأخ / حاتم عبدالله الصغير - عنيزة**

ما حوته رسالتك من طلبات لا يدخل ضمن إختصاص المجلة ، ويمكنك مراسلة معهد بحوث الموارد الطبيعية والبيئة بمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية.

● **الأخ / سعد عبدالله شمع - مكة المكرمة**

سوف تصلك المجلة على عنوانك الجديد بإذن الله.

● **الأخ / سالم خلف العنزي - جدة**

يسرنا أن ندرج اسمك ضمن قائمة توزيع المجلة ، أما فيما يخص العدد السابع والعشرون بعنوان «النفط» فللأسف غير متوفر لدينا.

● **الأخ / عبدالله حمد العوهلي - الرياض**

يسعدنا وصول المجلة على عنوانك الجديد.

● **الأخ / إياد عبدالرحيم سلام - الرياض**

سعدنا بوصول رسالتك إلينا ، أما فيما يخص المقال المرفق بها بعنوان «إنتاج المستحضر الدوائي» فيؤسفنا عدم نشره لعدم توافقه مع موضوع العدد في المجلة.

● **الأخ / عبدالرحمن عبد العزيز النصيحة - الأحساء**

سعدنا برسالتك لما حوته من عبارات الشكر والمدح للمجلة ، ويؤسفنا عدم تمكننا من تلبية طلبك لعدم توفره لدينا.

● **الأخ / معتصم آدم عزالدين - السودان**

شكراً على ما ورد في رسالتك من عبارات المدح والثناء للمجلة، وما نقوم به من عمل ما هو إلا واجب علينا تجاه جميع الأخوة في وطننا العربي، ويسرنا أن تصلك المجلة على عنوانك، فاهلاً بك.

● **الأخ / مساعد سعد السيف - الرياض**

وصلتنا رسالتك بكل سرور ويسعدنا أن تصلك المجلة على عنوانك البريدي ، أما ما يخص سؤالك عن إمكانية نشر المقال المذكور في رسالتك، فلا يمكن نشره لعدم توافقه مع المواضيع العلمية المطروحة في المجلة.

● **الأخ / وليد عبدالرحمن الصاعدي - المدينة المنورة**

يسعدنا إدراج اسمك ضمن قائمة توزيع المجلة، أما فيما يخص وكيل التوزيع في المدينة المنورة فهو وكيل واحد في جميع مناطق المملكة.

● **الأخ / عقيل عذال الدرعان - الجوف**

لا شكر على ما نقوم به ، فهو واجب علينا تجاه شباب وطننا الغالي ، وسوف تصلك المجلة على عنوانك بإذن الله.

● **الأخت / دلال عبدالقادر مخلص - مكة المكرمة**

يسعدنا إدراج اسمك ضمن قائمة توزيع المجلة ، فاهلاً بك.

● **الأخ / حمدان العصيمي - الطائف**

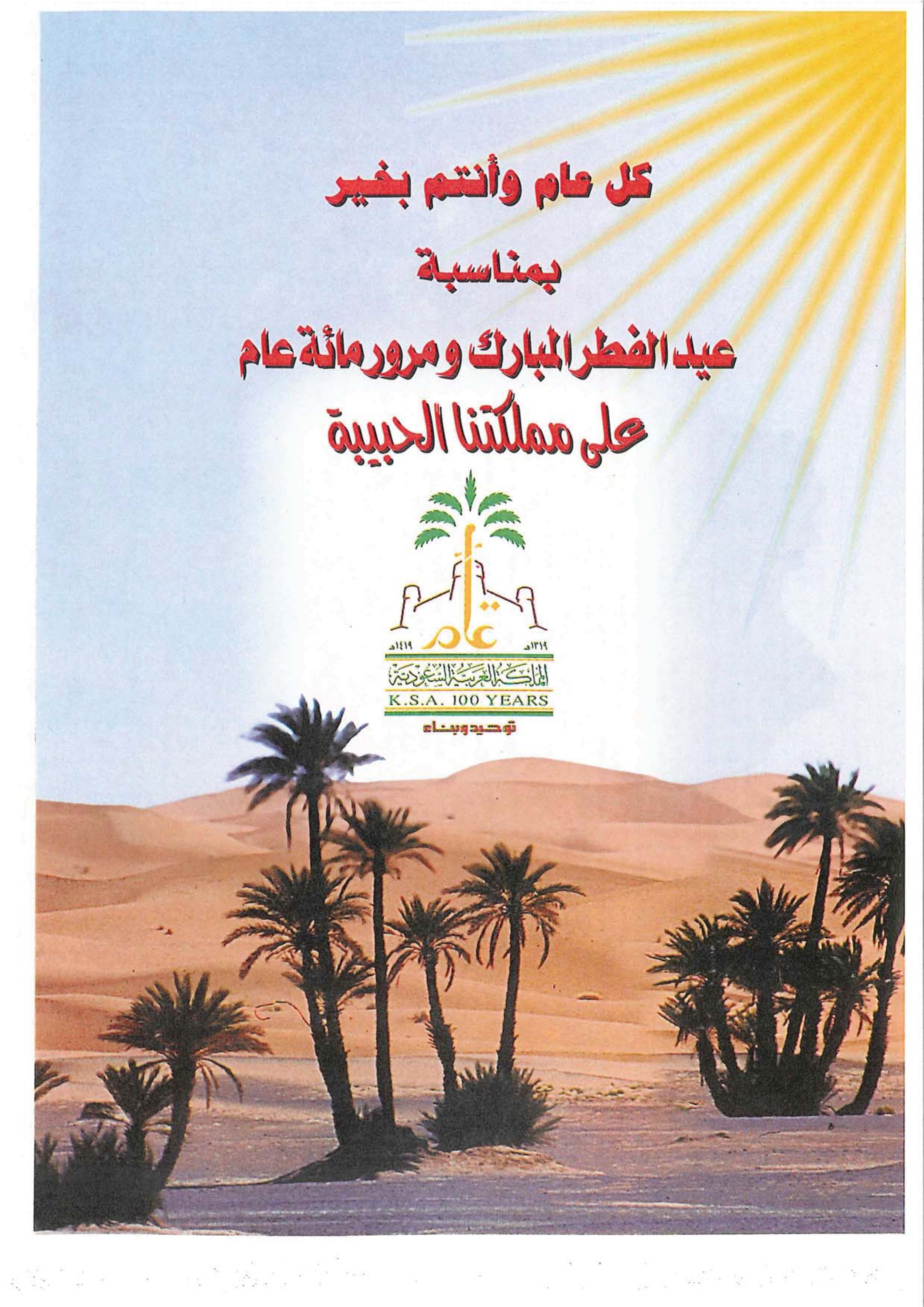
وصلتنا رسالتك بكل سرور ، ويؤسفنا عدم تمكننا من تلبية طلبك لعدم توفر الأعداد المطلوبة.

● **الأخ / عبد العليم اسماعيل السيد - مصر**

شكراً على ما ورد في رسالتك من عبارات مدح وإطراء للمجلة، أما ماطلبته من كتب علمية فهو لايدخل ضمن إختصاص المجلة.

● **الأخ / حسين محي الدين سباهي - سوريا**

يسرنا وصول رسالتك إلينا ، ويسعدنا إدراج اسمك ضمن قائمة التوزيع ، أما ما أرفق بها من مقال فللأسف لايمكن نشره لعدم توافقه مع موضوع العدد ، فأهلاً بك.


كل عام وأنتم بخير
بمناسبة
عيد الفطر المبارك ومرور مائة عام
على مملكتنا الحبيبة
عام
١٣١٩هـ
١٤١٩هـ
المملكة العربية السعودية
K.S.A. 100 YEARS
توحيد وبناء



(الفلزات القلوية)